Finn Borchsenius es profesor asociado de botánica y está a cargo del herbario de la Universidad de Aarhus (Dinamarca). Enseña biogeografía y ciencias de la vegetación. Tiene un permanente interés en la botánica sistemática y su aplicación en la conservación y manejo de recursos naturales en los trópicos. Tiene una considerable experiencia de trabajo en la región andina, particularmente concerniente a las familias de palmeras y de las zingiberáceas.

Henrik Balslev es profesor de botánica en la Universidad de Aarhus (Dinamarca) donde enseña sistemática botánica y materias relacionadas. Ha estado a cargo de la dirección del proyecto BEISA. Él tiene un permanente interés en la investigación de la biodiversidad de la región tropical de América y ha trabajado extensivamente en los Andes centrales y en la Amazonia occidental. Está particularmente interesado en palmeras y ha investigado varios aspectos sobre su diversidad y usos.

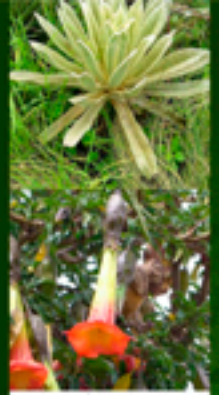
El libro *Botánica Económica de los Andes Centrales* documenta información referida al contexto mismo de las plantas andinas útiles de Bolivia, Perú y Ecuador en función a su diversidad y la relación con diferentes culturas humanas, expresadas en tradiciones, perspectivas productivas, de manejo y conservación. Es una experiencia que por primera vez se ha desarrollado en base a la participación de 52 autores en 32 capítulos que proponen visiones y consideraciones de riqueza vegetal y su aprovechamiento en diferentes paisajes de la región andina, desde los 1.000 m de altitud hacia las cumbres nevadas. En base a la consideración y descripción de determinadas formaciones de vegetación y grupos de plantas, se destaca su importancia económica a nivel local, regional y hasta mundial que probablemente sea un hilo conductor de investigación y documentación sobre las especies promisorias de la rica región andina en el Neotrópico.

978-9995-64-0-121-4

Botánica Económica de los Andes Centrales

Moraes et al.

2006



Botánica Económica de los Andes Centrales

Editado por:

Mónica Moraes R., Benjamin Øllgaard,
Lars Peter Kvist, Finn Borchsenius & Henrik Balslev

Universidad Mayor de San Andrés

Mónica Moraes R. es docente investigadora de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz (Bolivia) en botánica sistemática, biogeografía, manejo de recursos vegetales y diseño de proyectos de investigación. Ha coordinado al proyecto BEISA por el componente Bolivia. Su área de interés es la flora y vegetación de tierras bajas de Bolivia, siendo su especialidad la sistemática, ecología, conservación y manejo de la familia Palmae de Bolivia.

Benjamin Øllgaard es profesor asociado de botánica de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) donde enseña morfología, anatomía y sistemática vegetal. El tiene un prevalente interés en las pteridófitas y en la florística de la región tropical de América. Está particularmente interesado en las Lycopodiaceae tropicales americanas.

Lars Peter Kvist es profesor asociado de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) donde él coordina al proyecto BEISA. Su énfasis en investigación es la biodiversidad de la región andina y particularmente de Ecuador y Perú; sus temas específicos son la importancia socio-económica de la extracción, manejo tradicional de recursos, cultivos menores y sistemática botánica. También ha trabajado por tres años como asesor del Proyecto DANIDA en Nicaragua y así combina experiencias de la academia con el trabajo práctico de desarrollo.

Botánica Económica de los Andes Centrales

Editado por

Mónica Moraes R., Benjamin Øllgaard,
Lars Peter Kvist, Finn Borchsenius & Henrik Balslev

Universidad Mayor de San Andrés

La Paz- Bolivia

2006

Indice

BOTÁNICA ECONÓMICA DE LOS ANDES CENTRALES

Editado por
Mónica Moraes R., Benjamin Øllgaard, Lars Peter Kvist, Finn Borchsenius & Henrik Balslev

Prefacio – Mario Baudoin Weeks i
Introducción – Henrik Balslev iii

– Parte I. Contexto geográfico, físico y de diversidad florística de los Andes centrales

Aspectos geológicos – Jaime Argollo 1
El clima y sus efectos en la vegetación – Paul Emck, Andrés Moreira-Muñoz & Michael Richter .. 11
Riqueza de plantas vasculares – Peter M. Jørgensen, Carmen Ulloa & Carla Maldonado 37

– Parte II. Ecosistemas productivos en los Andes centrales

Praderas andinas y punas – Emilia García E. & Stephan G. Beck 51
Jalcas – Isidoro Sanchez-Vega & Michael O. Dillon 77
Los páramos ecuatorianos – Patricio Mena Vásconez & Robert Hofstede 91
Bosques de *Polylepis* – Michael Kessler 110
Bosques húmedos – Kenneth R. Young 121
Bosques relictos de los Andes peruanos: Perspectivas económicas – Maximilian Weigend, Nicolas Dostert & Eric F. Rodríguez-Rodríguez 130
Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus especies útiles – Alejandro Araujo-Murakami & Freddy S. Zenteno 146
Bosques secos en Ecuador y su diversidad – Zhofre Aguirre M., Lars Peter Kvist & Orlando Sánchez T. 162
Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles – Orlando Sánchez T., Lars Peter Kvist & Zhofre Aguirre M. 188
Bosques montanos bajos occidentales en Ecuador y sus plantas útiles – Lars Peter Kvist, Zhofre Aguirre M. & Orlando Sánchez T. 205

– Parte III. La etnobotánica en los Andes centrales

Etnobotánica en los Andes de Bolivia – Prem Jai Vidaurre de la Riva, Narel Paniagua & Mónica Moraes R. 224
Etnobotánica en los Andes del Perú – María de los Ángeles La Torre-Cuadros & Joaquina A. Albán Castillo 239
Etnobotánica en los Andes del Ecuador – Lucía de la Torre, Priscilla Muriel & Henrik Balslev 246

– Parte IV. usos de plantas en los Andes centrales

Plantas medicinales en los Andes de Bolivia – Prem Jai Vidaurre de la Riva 268
Plantas medicinales de los Andes del Ecuador – Carlos E. Cerón Martínez 286
Plantas psicoactivas – Lars Peter Kvist & Mónica Moraes R. 294
Aromas y sabores andinos – Carmen Ulloa 313
Frutos comestibles – Benjamin Øllgaard, Adriana Sanjinés & Henrik Balslev 329
Tubérculos – Ximena Cadima Fuentes 347
Las plantas de fibra – Manuel J. Macía 370

– Parte V. Algunas plantas con importancia económica en los andes centrales

Helechos – Hugo Navarrete, Blanca León, Jasivia Gonzales, Diana Karina Aviles, Javier Salazar Recaro, Franco Mellado, Joaquina A. Alban Castillo & Benjamin Øllgaard 385
Palmeras andinas – Finn Borchsenius & Mónica Moraes R. 412
Aráceas y bromeliáceas de Bolivia – Amparo Acebey, Michael Kessler, Brigitte L. Maass & Thorsten Krömer 434
La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres – Angel Mujica & Sven-E. Jacobsen 449
El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.): Uso tradicional y potencialidades – Sven-E. Jacobsen & Angel Mujica 458
Multiplicación y conservación de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) y ajipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi) – Steen Randers Knudsen, Bo Ørting & Marten Sørensen 483

– Parte VI. Contexto legal, normativo e institucional de los Andes centrales

Marco legal internacional para la conservación y uso sostenible de plantas – María Ripa de Marconi 509
Acceso a recursos genéticos – Beatriz Zapata 521
La economía forestal en Bolivia – Carsten Nico Hjortsø, Jette Bredahl Jacobsen, Kewin Bach Friis Kamelarczyk & Mónica Moraes R. 533

Prefacio

En las últimas dos décadas, la capacidad de hacer investigación en biología se ha desarrollado considerablemente en nuestros países, en particular en el caso de Bolivia y seguramente en algunos otros de la región; este desarrollo es muy considerable si uno compara con la situación de la década de los 50. Sin embargo, las ciencias biológicas –en particular aquellas relacionadas con la biología sistemática– han tenido en general menor avance si comparamos con los países desarrollados. Este avance implica no solo el contar con algún personal con grados altos sino también el desarrollo institucional que permita tener las colecciones taxonómicas y las instituciones de investigación necesarias para avanzar en el conocimiento de nuestro patrimonio.

Como es bien destacado dentro del trabajo del proyecto BEISA (Biodiversidad de especies económicamente importantes - Una colaboración de investigación entre Bolivia, Ecuador y Dinamarca, financiado por el Programa ENRECA de Danida) y dentro de su propuesta original, el área que nos ocupa es uno de los centros de mayor diversidad biológica en general y uno de los que más contribuye al patrimonio de plantas cultivadas. Esta característica de nuestra región está acoplada a la presencia de una gran diversidad de grupos étnicos, muchos de los cuales han mantenido sus formas tradicionales de uso y un considerable acervo de conocimientos sobre recursos. Sin embargo, la relación de nuestra región con Europa por una gran parte del tiempo, a partir de la colonización de América, se ha basado en el envío de materias primas a metrópolis y esto ha causado un abandono del énfasis sobre los recursos biológicos. Las materias primas enviadas, principalmente minerales, requerían de un conocimiento del territorio no orientado hacia la conservación de la biota. Paulatinamente nuestras sociedades han reorientado sus intereses y actualmente podemos decir que existe ya una amplia necesidad sentida de desarrollar conocimientos sobre los organismos que viven en estos países.

El proyecto BEISA tiene como propósito el avanzar en la consolidación de las capacidades personales e institucionales orientadas a lograr este propósito. La larga cooperación que tienen nuestras instituciones con Dinamarca a través de las Universidades de Aarhus, Copenhagen y otras instituciones académicas danesas ha sido la base para desarrollar esta propuesta conjunta que es una contribución importante para que las academias puedan aportar al desarrollo de nuestros países. En el caso de nuestro país en particular, estamos en un proceso de acelerado cambio en el cual las necesidades de las poblaciones locales adquieren cada vez mayor importancia y en un proceso en el cual la contribución de la ciencia será necesariamente importante. Sin embargo, para que se haga efectiva esta contribución, se requiere un esfuerzo de parte de la academia de hacer ciencia más pertinente y de crear bases que sean importantes para el desarrollo.

Por otro lado, se requiere también del resto de la sociedad que aprenda a recurrir a los instrumentos que la ciencia va brindando. Sin embargo, este trabajo es de largo alcance y plantea algunas dificultades en su evaluación, ya que tradicionalmente las evaluaciones de pertinencia y desarrollo se han realizado con relación a proyectos sencillos orientados directamente a la producción u oferta de servicios, que son de fácil evaluación a corto plazo y no es difícil hallar indicadores de logro. Mientras que procesos tales como la educación, la formación de recursos humanos son de difícil

evaluación, más aún cuando estos están dirigidos a actividades científicas. Esto no quiere decir sin embargo, que no sean de fundamental importancia para el desarrollo.

Ninguno de los países desarrollados ha avanzado sino es con base en una capacidad científica importante. En realidad los países más desarrollados tienen como uno de sus ejes principales de desarrollo a la actividad científica. Muchos de los países más desarrollados en realidad tienen pocos recursos naturales y es el conocimiento que se transforma en base al avance de sus sociedades. Nosotros pensamos que esto también será así en nuestros países y estamos convencidos de que a lo largo del tiempo se verá la importancia de la contribución de nuestras universidades y aparatos científicos hacia una mejor calidad de vida y desarrollo.

Esperando que este trabajo (sobre la *Botánica Económica de los Andes Centrales*) presentado en el libro, sea una contribución positiva al desarrollo y sea además base de continuidad de avance, nos deseamos parabienes en esta tarea.

Mario Baudoin Weeks
Director Instituto de Ecología
Universidad Mayor de San Andrés
La Paz, Bolivia

Introducción

Este libro es el resultado del proyecto de desarrollo de capacidades locales llamado *Biodiversidad y Especies Económicamente Importantes en los Andes Tropicales (BEISA) – Una Colaboración de Investigación entre Bolivia, Ecuador y Dinamarca (Biodiversity and Economically Important Species in the Tropical Andes (BEISA) – A Research Collaboration between Bolivia, Ecuador and Denmark).* Este proyecto está financiado por el Consejo Danés para el Desarrollo de Investigación que se encuentra bajo el gobierno danés y ha sido llevado a cabo por botánicos de La Paz (Bolivia) a través de la Universidad Mayor de San Andrés, Loja y Quito (Ecuador) – mediante la participación de la Universidad Nacional de Loja y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, respectivamente – y Aarhus (Dinamarca) con la Universidad de Aarhus. El libro está siendo publicado cuando los tres años de la primera fase del proyecto BEISA están llegando a su final y ha sido escrito por los participantes en BEISA junto a otros colegas con quienes hemos colaborado durante la ejecución de diversos elementos del proyecto, así como de especialistas y expertos de la región sobre varias temáticas. En seis secciones y 32 capítulos, el libro resume la información de la región central de los Andes en cuanto a plantas económicamente importantes y su uso sostenible, especialmente sobre aquellas plantas que son utilizadas por los campesinos y agricultores de la región. Nuestra área de estudio coincide con uno de los centros de Vavilov: Un cultivador de plantas y genetista ruso del siglo XIX viajó por todo el mundo y logró reunir una colección de un cuarto de millón de muestras de plantas cultivadas y de sus parientes silvestres de todos los continentes. Él descubrió que ocho áreas – China, India, Asia Central, el cercano Oriente, la región mediterránea, Etiopía, el sur de México junto a la América Central y los Andes centrales – eran particularmente ricas en plantas cultivadas y propuso la teoría de que los cultivos del mundo se habían originado en estos centros que ahora se conocen como los *centros de Vavilov.* Hoy en día, con el conocimiento actual de la evolución, sería mucho más adecuado hablar de centros de diversidad de plantas cultivadas, pero aún así los centros de Vavilov siguen siendo muy importantes para la comprensión del origen de los cultivos y de otras plantas útiles. Esto nos recuerda además que la diversidad se encuentra distribuida de manera irregular en el mundo y que debemos dedicar un interés particular a las áreas de alta diversidad si deseamos comprender cómo los seres humanos hemos sido capaces de domesticar plantas salvajes y convertirlas en plantas útiles para un sinnúmero de propósitos. Es decir, que nuestro punto de vista es totalmente utilitario, pero nuestro proyecto ha encarado el problema desde un punto de vista científico. Por lo tanto, nos hemos interesado en generar información básica que sea relevante e importante para el uso y manejo sostenible de los recursos biológicos en la región central de los Andes. Esperamos de esta manera contribuir al proceso de la conservación a través del uso de las plantas salvajes que se encuentran en regiones elevadas de los Andes en Ecuador, Perú y Bolivia.

Los recursos biológicos son cruciales para el desarrollo económico de los países tropicales pobres. Las plantas y animales locales son particularmente importantes para la población campesina e indígena en las áreas rurales donde las personas a menudo dependen directamente de la colecta de plantas para sus necesidades diarias tales como alimento, medicina, leña para el fuego y para la construcción. Los campesinos y grupos indígenas a menudo sufren más que otros grupos en la sociedad cuando el medio ambiente es degradado a través de la deforestación, erosión, uso excesivo de la tierra y otros procesos relacionados. El manejo sostenido de los recursos biológicos

ayuda a prevenir la degradación y puede, por lo tanto, contribuir significativamente al desarrollo económico y a la mejora de vida de la gente rural. Sin embargo, la biodiversidad en los países tropicales pobres, se encuentra a menudo bajo severo riesgo y hasta en peligro de pérdidas irreversibles. Esta situación refleja parcialmente los complejos factores económicos, políticos y socio-económicos que interactúan, pero la carencia de conocimiento básico y la falta de acceso al conocimiento existente pueden ser los impedimentos más serios para el desarrollo del uso y manejo sostenible de los recursos. La región central de los Andes es extremadamente rica en recursos biológicos, ya que alberga 35.000 especies o más de plantas y cantidades aún mayores de hongos y animales; además la diversidad de ecosistemas tiene un rango que va desde los bosques pluviales tropicales muy cálidos en las laderas inferiores hasta la vegetación desértica en las heladas cumbres de los Andes. La mayoría de las especies de plantas y sus interacciones con el medio ambiente son poco o nada conocidas; en muchos casos su valor económico real o potencial así como potencial para su manejo sostenible aún no han sido evaluados. Aún cuando los recursos naturales de los Andes centrales sufren en muchas partes debido a prácticas de manejo no sostenible, existen aún grandes extensiones de ecosistemas intactos, lo cual hace factible la posibilidad de preservar y manejar una gran parte de la diversidad original. Áreas de elevada diversidad se encuentran a menudo pobladas por comunidades indígenas y la continua degradación ecológica empobrecerá a estas personas, no sólo económica sino también culturalmente. La degradación del ecosistema donde ellos habitan puede erosionar al conocimiento tradicional y la experiencia que se encuentra conectada al medio natural que los rodea. Dicho conocimiento local – si es preservado – puede ser utilizado en el diseño de esquemas de manejo sostenible. Investigadores e instituciones en la región sufren del precario acceso a la información existente, tanto en forma escrita como electrónica, relacionada a sus propios recursos de biodiversidad. A menudo se encuentran limitados en cuanto a sus contactos con la comunidad científica internacional y cuando se compara con la magnitud de la necesidad de investigación en el área, se evidencia la escasez de personas capacitadas que pueden interpretar y evaluar la información disponible. Finalmente, las instalaciones para generar nuevos conocimientos se encuentran a menudo pobremente desarrolladas y es por lo tanto difícil promover un desarrollo que pueda aprovechar las ventajas del conocimiento ya existente.

El objetivo del proyecto BEISA era mejorar la capacidad de la región para llevar a cabo investigación y educación de alto nivel relacionada a la diversidad biológica, el uso y manejo de la flora nativa de la región y la especialización de investigadores en biodiversidad capaces de utilizar la información producida tanto nacional como internacionalmente en sus esfuerzos para proteger, utilizar y manejar los recursos naturales para el bienestar de los ciudadanos. Uno de los objetivos del proyecto BEISA era hacer disponible la información de biodiversidad a un amplio rango de usuarios en el sector público y privado, tales como las comunidades locales de campesinos e indígenas que deseen hacer uso de las especies de plantas y animales de su medio ambiente local de una manera sostenible, las autoridades gubernamentales que protegen y manejan los recursos biológicos naturales, las industrias locales que producen productos derivados de plantas o animales tales como medicinas utilizadas en los seres humanos o en veterinaria, ONGs locales que llevan a cabo proyectos comunitarios con componentes de biodiversidad, entre otros. Esta meta la hemos logrado a través del mantenimiento de

contactos con varios usuarios finales, a nivel de comunidades, oficinas gubernamentales y en varias ONGs y finalmente con la comunidad internacional de investigadores que trabajan con la biodiversidad andina. Cuando diseñamos este libro fue desde luego una tarea natural para nosotros el involucrar a estos colegas y contactos en el proceso y nos sentimos muy honrados que ellos hayan aceptado contribuir capítulos en este libro. Pensamos que escribir este libro junto con estos colegas y usuarios de la información es la mejor manera posible de facilitar el acceso de los resultados del proyecto BEISA a quienes les son más relevantes y pertinentes.

Hemos dividido este libro en seis secciones con 32 capítulos:

En la primera sección – ***Contexto geográfico, físico y de diversidad florística de los Andes centrales*** – presentamos información acerca de las condiciones abióticas dominantes en los Andes durante la evolución de la increíble diversidad biológica que la región presenta en la actualidad. *Jaime Argollo* – un geólogo de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz, institución participante en nuestro proyecto – describe el surgimiento de la cordillera andina, un proceso relacionado con la actividad tectónica ocasionada por la colisión de la placa pacífica de Nazca y la placa de Sur América. Esta colisión forzó segmentos verticales de la placa que han sido posteriormente erosionados por los efectos del clima a lo largo de los últimos 160 Ma. *Michael Richter* – un geógrafo y su grupo de la Universidad de Erlangen en Alemania – caracterizan la dinámica del clima y sus efectos en la vegetación de la Cordillera Central de los Andes. Finalmente, *Peter Møller Jørgensen* y *Carmen Ulloa* – ambos investigadores del Jardín Botánico de Missouri, USA junto a *Carla Maldonado*, una MSc graduada del proyecto BEISA – revisan y comparan el número de especies, géneros y familias de plantas vasculares en la región central de los Andes. Este capítulo está basado en las extensas bases de datos producidas para apoyar los proyectos de catálogo de floras de Ecuador, Perú y Bolivia, los cuales han sido encabezados por el Jardín Botánico de Missouri y que incluyen datos de casi 35.000 especies de plantas de la región. De estas especies, solamente unas 2.700 son compartidas por los tres países, lo cual muestra que la flora de los Andes centrales no es homogénea sino muy variable y con grandes diferencias entre sectores de esta región.

La segunda sección – ***Ecosistemas Productivos de los Andes*** – presenta un resumen de los ecosistemas más importantes en los Andes centrales, con especial énfasis en los ecosistemas que incluyen plantas con importancia económica. En el sur de Perú y Bolivia, el ecosistema *puna* cubre las montañas por encima del límite de la vegetación arbórea. *Emilia García* y *Stephan Beck* – investigadores en el Herbario Nacional de Bolivia en La Paz, que es la institución participante líder de este proyecto – discuten el ecosistema *puna* y las *praderas andinas.* Este ecosistema, a pesar de sus condiciones climáticas extremas ha sido poblado por muchos años. Sin embargo, alberga una alta riqueza de especies y varios endemismos. La ecología de la *jalca* está descrita por *Isidoro Sánchez-Vega* de la Universidad Nacional de Cajamarca (Perú) y *Michael Dillon* del Museo Field en Chicago (USA); ellos demuestran cómo la *jalca* es un ecosistema intermedio entre los páramos de la parte norte de los Andes que son húmedos y la *puna* del sur de Perú y Bolivia que se desarrolla en condiciones mucho más desérticas. La *jalca* es biológicamente rica en especies y florísticamente diferente del *páramo*, pero al igual que el páramo, incluye muchas plantas de importante valor económico entre las cuales el grupo de las plantas medicinales es el más abundante. *Patricio Mena* – de la ONG ecuatoriana Ecociencia y *Robert Hofstede* de la Oficina Regional Sur de la UICN en Quito –

describen el páramo en Ecuador, que está dominado por gramíneas y se encuentra por encima del límite de la vegetación arbórea. El páramo alberga a una gran cantidad de campesinos pobres que cultivan muchas plantas nativas, tales como varias especies de tubérculos (*Solanum tuberosum, Ullucus tuberosus, Tropaeolum tuberosum*, entre otras), frijoles (*Vicia faba*) y granos (*Chenopodium quinoa*). Por debajo del límite de crecimiento de la vegetación arbórea, encontramos una serie de ecosistemas boscosos dominados por árboles pero aún muy variables dependiendo de la altitud a la cual crecen y cuánta lluvia reciban. Generalmente hablando, los bosques son más diversos a bajas altitudes y más pobres en especies a elevadas altitudes y, adicionalmente, bosques que crecen en áreas húmedas son más ricos en especies que aquellos que crecen en áreas secas, pero todos alojan a una gran cantidad de especies económicamente importantes. Justamente por debajo de la línea de crecimiento de la vegetación arbórea, los bosques se encuentran a menudo dominados por árboles del género *Polylepis* (Rosaceae). Estos bosques de *Polylepis* están descritos por *Michael Kessler* de la Universidad de Göttingen (Alemania), donde se muestra cómo estos bosques han sido sobre-explotados, principalmente para la obtención de leña hasta el punto que en la actualidad se encuentran fragmentados y han sido relegados a valles y laderas inaccesibles. *Kenneth Young* – un investigador de la Universidad de Texas (USA) – resume las características de los bosques húmedos que crecen en las laderas de los Andes y demuestra cómo su presencia se encuentra controlada por la humedad, el tipo de suelo y el grado e historia de la influencia humana. Un caso especial de los bosques húmedos se encuentra a lo largo de las laderas occidentales de los Andes en Perú, donde el bosque ha sido dramáticamente diezmado, pero donde queda aún por lo menos 23 fragmentos del mismo. Estos fragmentos fueron estudiados por *Maximilian Weigend* de la Universidad de Freie en Berlín (Alemania), su grupo que incluye a *Nicolas Dostert* (Berlin) y *Eric Rodríguez* del Herbario Nacional de Trujillo (Perú). Ellos muestran que estos bosques son altamente diversos y que incluyen muchas especies de plantas económicamente importantes, algunas de las cuales tienen valor potencial como ornamentales y otras como especies frutales, como por ejemplo *Larnax* y *Jaltomata*. Aparentemente estos bosques de las laderas occidentales de los Andes de Perú no son importantes para la producción de madera, como en los bosques de las laderas orientales de los Andes que están mejor localizados para proveer madera a los mercados locales. Los bosques bajos montanos siempreverdes de las laderas occidentales de los Andes y sus especies útiles son descritos por *Lars Peter Kvist*-investigador del proyecto BEISA de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) junto con *Zoffre Aguirre,* director del Herbario de Loja (Ecuador), institución participante en el proyecto y *Orlando Sánchez*, un investigador del Herbario de Loja. Los bosques húmedos a lo largo de las laderas orientales de los Andes en Bolivia en el área de Madidi son descritos por *Alejandro Araujo y Freddy Zenteno* quienes son investigadores en el Herbario Nacional de Bolivia en La Paz (Bolivia). En muchos sitios a lo largo de los Andes, la sombra de lluvia crea laderas y valles secos y a veces extremadamente secos lo cual, en es el caso de las laderas occidentales en el sur de Ecuador. Estos bosques se encuentran en serio peligro de deforestación y sobre-utilización, pero aún están representados por muchas plantas de importante valor económico, las cuales son objeto de dos capítulos escritos por el grupo de *Zhoffre Aguirre*, *Orlando Sánchez* y *Lars Peter Kvist*.

La tercera sección – ***La Etnobotánica en los Andes Centrales*** – trata específicamente con el área de la investigación entre disciplinas que combina las ciencias naturales y la antropología

en comprender la importancia de las plantas para la población indígena. Esta área de investigación se ha desarrollado intensamente en las últimas décadas, por lo que al ser un área principalmente descriptiva ha llegado a convertirse en un área mucho más analítica en los últimos años. Un investigador de la institución participante en el proyecto en La Paz – *Prem Jai Vidaurre* y una de las MSc graduadas en el proyecto BEISA, *Narel Paniagua*, investigadores del Herbario Nacional de Bolivia, junto a *Mónica Moraes R*. coordinadora del proyecto en Bolivia – hacen una revisión de la literatura etnobotánica de la región de Bolivia donde la población indígena es principalmente Aymara, Quechua, Uru o Kallawaya. Estos grupos utilizan una gran cantidad de especies de plantas para una variedad de propósitos, pero el mayor número de especies de plantas son utilizadas con fines medicinales. La etnobotánica de los Andes de Perú se encuentra resumida por *María de los Ángeles* y *Joaquina Albán* del Museo de Historia Natural en Lima (Perú). En Perú la población indígena es Quechua y Aymara y su visión de la vida es animista, es decir creen que seres sobrenaturales (o espíritus) habitan en todos los objetos y gobiernan su existencia o son panteístas, es decir creen que Dios y el universo son la misma cosa. Esto obviamente tiene implicaciones importantes en cuanto a su punto de vista en relación a las 8.000 especies de plantas que crecen en los Andes de Perú, de las cuales más de 200 han sido domesticadas y posiblemente 5.000 son utilizadas para propósitos diversos. Para Ecuador existe una extensa literatura etnobotánica que ha sido reunida por *Lucía de la Torre*, estudiante de PhD del proyecto BEISA y *Priscilla Muriel*, investigadora del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en Quito junto a *Henrik Balslev*, director del proyecto en la Universidad de Aarhus (Dinamarca). La población indígena de los Andes ecuatorianos habla Quechua y como sus parientes en Perú y Bolivia, hacen amplio uso de la rica diversidad de plantas que se encuentra en los ecosistemas andinos. También son similares en el hecho de que la categoría de uso más importante entre ellos tiene fines medicinales y también en el sentido que utilizan una gran cantidad de plantas para satisfacer sus necesidades diarias: en una aldea en Ecuador se utilizaron 261 especies diferentes de plantas para una variedad de propósitos.

En la cuarta sección – ***Usos de Plantas en los Andes Centrales*** – se analizan varias categorías de uso de plantas con importancia económica, es decir grupos de plantas que son usadas para los mismos propósitos, pero que no están relacionadas de otra manera. Las categorías de uso incluidas aquí son: plantas medicinales, plantas que son utilizadas por sus efectos en la mente humana (plantas psicoactivas), plantas aromáticas que se utilizan para dar sabor a las comidas y bebidas, plantas con frutos comestibles, plantas con tubérculos comestibles y finalmente plantas que producen fibras de varios tipos. La categoría de plantas medicinales es – como se menciona anteriormente – la categoría más aprovechada de las plantas económicamente importantes en los Andes centrales. El investigador *Prem Jai Vidaurre* del Herbario Nacional de Bolivia en La Paz, hace referencia a que aproximadamente 3.000 especies de plantas medicinales han sido registradas en Bolivia, pero que muy poca investigación se ha llevado a cabo respecto a ellas, con la posible excepción de las plantas medicinales de la cultura Kallawaya. En Ecuador, el profesor *Carlos Cerón* de la Universidad Central en Quito (Ecuador) reporta a 432 especies de plantas medicinales registradas en un solo herbario, que incluye una mezcla de plantas colectadas en el campo y plantas obtenidas en los mercados locales. *Lars Peter Kvist* y *Mónica Moraes* registran a las plantas psicoactivas de los Andes centrales, que juegan un papel importante en la visión animista y panteísta de las culturas indígenas

de los Andes. Las plantas aromáticas han sido utilizadas a lo largo de la historia de la humanidad como especias para agregar sabor a comidas y bebidas; aún cuando los Andes no han contribuido en muchas especias al mercado mundial, todavía hay un buen número de especies de la región central de los Andes que son utilizadas con este propósito. *Carmen Ulloa* – investigadora de Jardín Botánico de Missouri – presenta un resumen de 20 especies de la región, de las cuales las más importantes son ajíes (*Capsicum*), huacatay (*Tagetes*), muña (*Minthostachys*) y paico (*Chenopodium ambrosoides*). Los frutos comestibles es una de las categorías más importante entre las plantas con importancia económica en todos los países y también en los Andes centrales. *Adriana Sanjinés* – una MSc graduada en el proyecto BEISA, junto con *Benjamin Øllgaard*, uno de los participantes en el proyecto BEISA de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) y *Henrik Balslev* – describen la distribución, ecología, morfología y usos de 20 especies poco conocidas de frutos comestibles en los Andes centrales, de los cuales los más importantes son el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) que es consumido fresco o en jugos y la uvilla (*Physalis peruviana*) que se usa en mermeladas y conservas. *Ximena Cadima Fuentes* – de la ONG boliviana PROINPA – explica cómo las comunidades andinas, así como muchas otras sociedades humanas cultivan plantas con almidones. La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo nativo de los Andes que ha adquirido importancia económica mundial, pero tres otros tubérculos andinos (oca: *Oxalis tuberosa*; ullucu: *Ullucus tuberosus* y la mashua: *Tropaeolum tuberosum*) son de inmensa importancia económica a nivel local. Finalmente, *Manuel Macía* – un investigador del Real Jardín Botánico de Madrid (España) – cierra esta sección con la categoría de uso correspondiente a las plantas que producen fibras en los Andes centrales. Las fibras se utilizan para hacer cestas, cuerdas, techos y escobas; las especies más importante utilizadas en esta categoría son el maguey o cabuya (*Agave americana)*, caña hueca o carrizo (*Arundo donax*), cabuya blanca (*Furcraea andina*), totora (*Juncus arcticus*) y totora (*Schoenoplectus californicus*).

La quinta sección – ***Algunas Plantas con Importancia Económica en los Andes Centrales*** – da ejemplos sobre algunos grupos taxonómicos de plantas, familias y especies que son de importancia económica en los Andes centrales. Los helechos no son mencionados con frecuencia entre los grupos de plantas con importancia económica, pero son muy diversos en la región. *Benjamin Øllgaard* – junto con *Hugo Navarrete*, participante en el proyecto BEISA y director del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, *Blanca León* con su grupo de botánicos investigadores del Herbario de Lima (Perú) y *Jasivia Gonzales* del Herbario Nacional de Bolivia en La Paz (Bolivia) – hacen un resumen sobre los helechos útiles de los Andes centrales y muestran que más de 200 especies de este grupo de plantas son utilizadas en los tres países, principalmente para fines medicinales, además para construcción de casas, alimento, forraje, usos ceremoniales y ornamentales. La familia de las palmas (Arecaceae) es bien conocida por su increíble utilidad e importancia económica a lo largo de las áreas tropicales de América, África y Asia. Las palmas se encuentran asociadas principalmente a las tierras bajas, cálidas y húmedas, pero como se muestra en este capítulo sobre las palmas hay 109 especies registradas en la región andina. *Finn Borchsenius* – participante en el proyecto BEISA de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) y *Mónica Moraes R.* – describen los múltiples usos y aplicaciones de las palmas en los Andes, donde son usadas para techar viviendas, para construcción, fibras, alimento y muchos otros fines. Las familias de plantas Araceae y Bromeliaceae también son bien conocidas por su importancia económica y esto se encuentra bien documentado en el capítulo

escrito por *Carola Acebey, Michael Kessler, Brigitte Maas yThorsten Krömer* del grupo de investigación de la Universidad de Göttingen (Alemania). Ellos documentan la importancia económica de 63 especies de Araceae y 75 especies de Bromeliaceae; por primera vez llevan a cabo un estudio profundo sobre el potencial económico de las poblaciones silvestres de estas especies, lo cual les permite indicar ciertas especies que pueden ser extraidas de manera sostenible. Los siguientes tres capítulos tratan respecto a aquellas especies que son importantes en sistemas agrarios locales de la región central de los Andes. *Angel Mujica* – un investigador de la Universidad Nacional del Altiplano (Perú) y *Sven-Erik Jacobsen*, profesor de la Universidad Real de Agricultura y Veterinaria (Dinamarca) – nos narran en relación a dos antiguos cultivos de los Andes: la quinua (*Chenopodium quinoa*) y el tarwi (*Lupinus mutabilis*), los cuales han tenido una inmensa importancia para la nutrición de las poblaciones indígenas de los Andes centrales y que se han convertido en productos interesantes y económicamente importantes en mercados internacionales durante las últimas décadas. *Steen Knudsen, Bo Ørting* y *Marten Sørensen* – investigadores de la Universidad Real de Agricultura y Veterinaria (Dinamarca) – describen sobre la biología reproductiva de dos cultivos andinos, arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y ajipa (*Pachyrhizus ahipa*), los cuales presentan una gran variedad de razas en los Andes. A través de estudios especializados de biología floral desarrollaron esquemas de conservación *ex situ* basados en semillas para estos cultivos, que tradicionalmente se propagan vegetativamente.

La sexta y última sección – ***Contexto Legal, Normativo e Institucional de los Andes Centrales*** – trata respecto a las condiciones para el desarrollo de los recursos naturales vegetales derivados de especies económicamente importantes. *María Marconi* – de la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz y ex Directora de la Dirección General de Biodiversidad en Bolivia – resume un bosquejo de acuerdos y tratados legales más importantes que regulan la conservación y uso sostenible de las especies de plantas, siendo los más importantes la Convención de la Biodiversidad y CITES. *Beatriz Zapata* – que Coordina el Proyecto Conservación de los Parientes Silvestres de Plantas Cultivadas de Bolivia en La Paz – nos da una perspectiva histórica sobre el acceso a los recursos genéticos y cómo la comercialización de los recursos genéticos ha sido regulada en contraste con la situación planteada antes de 1993; también refiere el contexto respecto al acceso y a la distribución de beneficios. Finalmente, *Nico Hjortsø* y su grupo de la sección forestal de la Universidad Real de Agricultura y Veterinaria (Dinamarca) junto a *Mónica Moraes R.* nos dan un resumen respecto a la investigación desarrollada bajo la aplicación de la Ley General Forestal y la documentación sobre los diferentes tipos de valores asignados a los bosques de Bolivia, entre otras cosas concluyen que el papel económico de los productos forestales no maderables en Bolivia aún se encuentra apenas documentado.

Esperamos que esta introducción a la Botánica Económica de los Andes Centrales sea útil para muchas personas que luchan por conservar y utilizar las plantas y la vegetación de manera sostenible y que contribuya a conservar la gran diversidad biológica de esa región excepcional para las generaciones futuras.

Henrik Balslev
Director del proyecto BEISA
Departamento de Ciencias Biológicas
Universidad de Aarhus Edificio 1540
Ny Munkegade, 8000 Aarhus C
Dinamarca (henrik.balslev@biology.au.dk)

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 1-10.

Aspectos geológicos

Jaime Argollo

Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Geológicas,
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bo
email: jargollo@ceibo.entelnet.bo

Abstract

The Andean Cordillera is located in the occidental border of South America, and it constitutes one of the widest mountain range in the planet as a consequence of the subduction of the Nazca plate under the south American plate. It is divided in three sections: North Center and South Andes. Central Andes extends from 5-33o lat S, and presents an arched shape (Orocline boliviano), has three important segments: Peru Central, Altiplano - puna and the sierras pampeanas, these segments are defined by the subduction angle of the oceanic plate of Nazca under the south American plate. The present landscape evolved through the interaction between tectonics processes and denudation of these structured segments by over 160 Ma. During this period of time many climatic changes occurred at global and regional levels. Such as the most distal boundaries of ice in the northern hemisphere, the expansion of Andean glaciars before the two last glaciations, and the Aconcagua's tectonics that generated rains in the east and raised up the ice line.
Key words: Subduction, Quaternary, Central Andes, South America.

Resumen

La Cordillera de los Andes se encuentra en el borde occidental de Sudamérica, constituye una de las cadenas montañosas más extensa del planeta, como consecuencia de la subducción de la Placa de Nazca bajo la placa sudamericana. La Cordillera de los Andes se subdivide en tres sectores: los Andes del Norte, Centrales y del Sur. Los Andes centrales se extienden desde 5 a 33º lat. S, presenta una forma arqueada (Oroclino Boliviano). Comprende tres segmentos importantes: Perú Central, Altiplano - puna y las sierras pampeanas, estos segmentos están definidos por el ángulo de subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa sudamericana. El paisaje actual evolucionó a través de la interacción entre procesos tectónicos y denudación de estos segmentos estructurales por más de 160 Ma, tiempo durante el cual ocurrieron notables cambios climáticos globales y regionales como los límites más distales de hielo en el Hemisferio Norte, la expansión de los glaciares andinos antes de las dos últimas glaciaciones y la tectónica del Aconcagua que generó lluvias en el Este, elevando la línea de nieve.
Palabras clave: Subducción, Cuaternario, Andes centrales, Sudamérica.

Introducción

Sudamérica con un área mayor a 18.6 millones de km^2 es la masa de tierra más desarrollada en el Hemisferio Sur. Los Andes son un tipo de Orógeno no colisional, que muestra una historia compleja desde el Proterozoico tardío. El último ciclo orogénico, durante el Meso-Cenozoico, está caracterizado por la subducción de la placa oceánica Farallón-Nazca bajo la placa continental Sudamericana. Este fenómeno de subducción es en general el origen de un régimen tectónico globalmente compresivo y de un magmatismo de arco. Luego de la estructura y evolución meso-Cenozoico de la cadena andina, tres segmentos mayores, son distinguidos: los Andes del Norte, Centrales y del Sur. Actualmente, la dirección de convergencia entre las placas Nazca y Sudamérica es N75–80 E y la velocidad varia de 78 a 84 mm/año. La naturaleza de la topografía varía desde extensas tierras bajas situadas a 200 m, en la parte este, hasta culminar en la Cordillera de Los Andes, con alturas superiores a 6.000 m y la costa pacífica en el borde oeste de Sudamérica, es una de las mayores extensiones montañosas sobre la Tierra (Figura 1). Por estos atributos, el continente

abarca muchos tipos de clima, variando desde tropical, sub tropical húmedo y seco hasta sub polar y glacial de gran altitud. La distribución y naturaleza de las formas de la tierra, suelos y vegetación natural son directamente controladas por la estructura y composición en su geología, topografía y clima del continente.

Estructura, geología y topografía

Sudamérica es una compleja asociación de diferentes formaciones rocosas que evolucionaron hace más de tres billones de años de historia terrestre. La mayor parte del continente es conformada principalmente por rocas precámbricas las cuales están expuestas en la superficie sobre grandes áreas en las Guyanas, Brasil y la Patagonia. También estas rocas se presentan en las cuencas sedimentarias del Orinoco, sistemas de ríos del Amazonas y Paraná, así como en partes del cinturón montañoso de los Andes. Estas antiguas rocas fueron una parte integral del supercontinente Pangea, antes de la separación cortical en la Era Mesozoica que separó a Sudamérica de África y de otros continentes contiguos, el segmento continental sudamericano comenzó a moverse hacia el oeste.

El continente es dominado por tres grandes tipos de estructuras: (1) macizos deformados compuestos de rocas cristalinas precámbricas, cubiertas en algunos lugares por una lámina de rocas Paleozoicos, Mesozoicos y estratos más jóvenes; (2) cuencas deformadas del precámbrico, rellenado con más de 4.000 m en espesor de rocas sedimentarias del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico; y (3) grandes cadenas de rocas plegadas de varias edades formando las cordilleras andinas.

El desarrollo estructural de los Andes centrales se divide en dos etapas principales, separados por un evento tectónico a nivel mundial que marca el inicio de la disgregación del Gondwana. El desarrollo de la etapa preandina comprende el desarrollo de la región andina después de la separación del Gondwana y el inicio de la subducción de la litosfera oceánica debajo de la placa continental sudamericana.

Los Andes del norte

Es una de las regiones tectónicas más activas del continente entero, donde la convergencia constante de las tres placas está inexorablemente deformando un bloque de la corteza continental. La Placa Sudamericana se está moviendo al oeste-suroeste a una velocidad calculada de 31 mm año^{-1} y está en contacto directo con la placa Nazca que se mueve hacia el este a una velocidad de 65 mm año^{-1}; esto está cizallando la placa del Caribe a una velocidad de 30 mm año$^{-1.}$ Estos movimientos corticales dieron como resultado distintas morfologías en los Andes del Norte (Hall & Wood 1985). Ejemplos interesantes son la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia), la Sierra de Perija y Cordillera de Mérida (Venezuela) y la Sierra Nevada del Cocuy (Colombia).

El macizo Santa Marta es el más alto en Colombia (5.800 m). Gran parte de este levantamiento ocurrió en el Plioceno, pero también continuó en el Cuaternario. La cima de este bloque de montañas fue disectada profundamente por ríos de valles estrechos y muchas cadenas de montañas llegaron a ser ahondados por actividad glaciar y geocriogénica, formando aretes y circos durante el Cuaternario.

La Sierra de Perija (3.650 m) fue levantada a una velocidad de 11-16 mm año^{-1} durante el Cuaternario (Hall & Wood 1985), los Andes venezolanos fueron creados durante el pulso tectónico que comenzó en el Plioceno y que todavía continúa. Esto puede ser aplicado también a la Cordillera de Mérida donde la cima se eleva a más de 4.000 m de altitud, culminando en el Pico Bolívar a 5.007 m. Grandes morrenas terminales de la última glaciación en los Andes de Mérida fueron desplazados varias decenas de metros (Schubert 1983), demostrando de esta manera que el

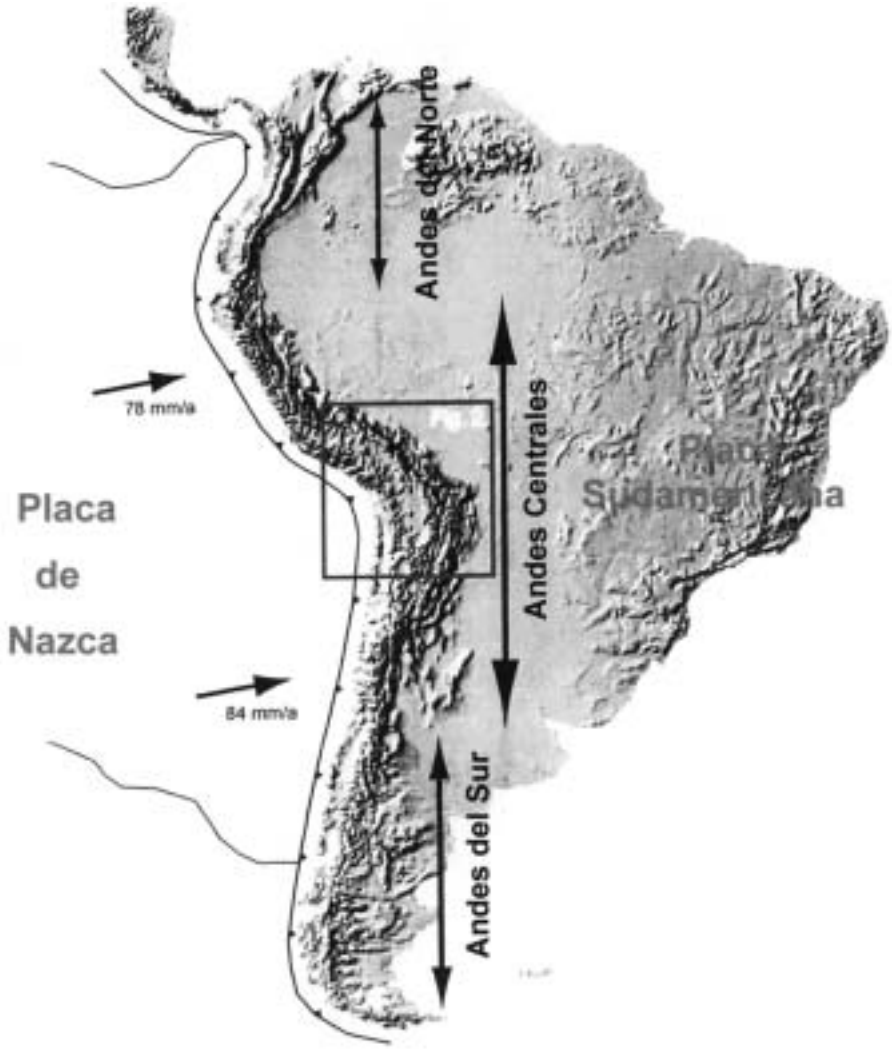


Fig. 1: Segmentos mayores de la Cordillera de los Andes, así como las velocidades de la convergencia de la placa de Nazca (según DeMets *et al.* 1990).

movimiento tectónico continuó durante el Holoceno.

La Sierra Nevada del Cocuy (5.493 m) es el bloque más alto de las montañas en el Este de la Cordillera. Consiste principalmente de rocas sedimentarias calcáreas empujadas hacia el sureste sobre el basamento pre Cámbrico del escudo de Guyana. Procesos glaciales y geocriogénicos crearon una espectacular cima de borde afilado a lo largo del sector de Cocuy, sobre la cual existen campos de hielo y glaciares; los circos glaciares más grandes se abrieron hacia el noroeste por la asimetría topográfica y la predominante fuente de humedad del este.

Otras unidades estructurales mayores en los Andes del norte conforman las zonas de mega-fallas (Romeral y Cauca) que separan las tres cadenas que componen los Andes colombianos:

cordilleras del centro y sur, cordilleras del este, y la cordillera central-oeste. Las fallas durante el levantamiento condujeron a la formación de cuencas en niveles altos en los cuales se acumularon sedimentos durante el Cenozoico superior. El ejemplo más conocido es la Sabana de Bogotá, llenado con más de 700 m de sedimentos lacustres, aluviales y orgánicos. Cores obtenidos a través de perforaciones realizadas en el sitio llamado Funza produjo uno de los más detallados registros de cambios ambientales del Plioceno y Cuaternario en Sur América (Hooghiemstra 1989). Este registro es de particular interés por que muestra el levantamiento tectónico de esta zona de vegetación durante el Cuaternario temprano.

Gran parte de la Cordillera Central de Colombia está cubierta por rocas volcánicas, asociado a la subducción de la parte norte de la placa Nazca por debajo de la placa Sudamérica. Rocas sedimentarias marinas de la era Cretácica fueron intruidas por plutones magmáticos desde el Plioceno tardío, dando lugar al crecimiento de los grandes complejos volcánicos como el macizo de Ruiz-Tolima en el norte y una fila de volcanes andesíticos que se extienden hacia el sur en el Ecuador.

Una fractura de gran escala y extensión de la corteza en Ecuador dio lugar al desarrollo de muchos volcanes, una serie de cuencas y bloques tectónicos. Sedimentos cuaternarios fallados y desplazadas en estas áreas sugieren levantamientos cerca de 150 m hace 70.000 años. Como en Venezuela y Colombia, muchas morrenas falladas y desplazadas de la última glaciación del Holoceno aluvial y depósitos volcánicos confirman que movimientos tectónicos están formando constantemente la geomorfología de esta parte de los Andes del norte.

Los Andes centrales

Los Andes centrales abarcan desde 5-33º S, presenta una forma arqueada (Oroclino boliviano) y es el segmento más alto y más largo de toda la cadena de los Andes (Fig. 1). Se distinguen los siguientes dominios morfotectónicos longitudinales principales (Isaac 1988): el Perú central 5-14ºS, el Altiplano-la puna 14-26ºS y las sierras pampeanas 26-33ºS.

Los Andes del Perú central, entre las latitudes 5-14º S están desprovistos de volcanismo Cuaternario. Esto es atribuido al bajo ángulo de subducción del segmento de la placa Nazca, ubicada entre las dorsales oceánicas de Carnegie y Nazca (Pilger 1981). El cambio desde un ángulo de subducción inclinado a 35º hace aproximadamente 5-3 Ma, a otro más horizontal 1-10º, durante el Cuaternario, hizo que el volcanismo del Plioceno terminara. Al mismo tiempo los estilos tectónicos de la región cambiaron de distensión a compresión (Mégard 1984).

La Cordillera Blanca ubicada en los Andes del Perú central, entre la Cordillera Occidental y Oriental, es un macizo exclusivamente de plutones graníticos y granodioríticos de la era del Mioceno y Plioceno. Esta es la cadena montañosa más alto en todos los Andes con más de 10 cimas que sobrepasan los 6.000 m de altitud. Este impresionante bloque de tierra fue elevado a lo largo de una zona de fallas normales longitudinales a la Cordillera Blanca. Las fallas separan las rocas cristalinas del batolito Mesozoico y los esquistos, de sedimentos terciarios al oeste, el callejón de Huayllas. El callejón de Huayllas de 15 km de ancho está ocupado por el río Santa y contiene cerca de 2000m de espesor de sedimentos fluviales, coluviales y glaciales del Plioceno y Cuaternario (Sebrier 1988). Esta zona de falla proporciona los valles, más abruptos y profundos de los Andes, con paredes verticales de 4.500 m. Esta zona estuvo activa durante los últimos 10.000 años, demostrado por los desplazamientos de los depósitos glaciales y aún de conos aluviales del Holoceno. Un estudio de Schwartz (1988) de las fallas determinó 8-15 m de desplazamiento durante los pasados 14.000 años, posiblemente creado por cinco o siete terremotos mayores. La

velocidad de desplazamiento durante el Cuaternario reciente parece ser de 0.86-1.36 mm año^{-1} y el último evento mayor ocurrió hace 2.700-2.500 años, edad obtenida por radiocarbono sobre carbón vegetal encontrado debajo de sedimentos desplazados por las fallas.

La cuenca Junín-Huancayo ocupa una depresión estructural entre las cordilleras Oriental y Occidental de Perú central. Parte de la cuenca está rellenada con depósitos lacustres del Cuaternario antiguo (Formación Jauja) que cubre depósitos aluviales. Estos depósitos disectados por el río Mataro, forman terrazas aluviales muy prominentes en la pared superior oeste del Río Mantaro de Huancayo, las que fueron estudiadas por Dollfus (1965) y Mégard (1978), quienes asociaron estos depósitos como detritos originados de los glaciales, glacio-fluviales provenientes de los glaciares de las cordilleras cercanas. Estos depósitos fueron afectados por diferentes fases de tectonismo característicos de los Andes Peruanos y Bolivianos durante el Plioceno y Cuaternario (Sebrier 1985, Lavenu 1986). La primera fase (Plioceno superior-Cuaternario Medio) fue dominado por compresión y produjo plegamientos, fallas inversas y fallas transformantes. El segundo (Cuaternario Medio- Holoceno) estuvo caracterizado tanto por compresión y extensión. La compresión (N-S y E-O) afectó la región subandina este de la cadena montañosa principal y las cuencas intramontanas, mientras que la extensión (N-S) es más típica en las cordilleras del oeste.

Como resultado de los movimientos corticales, la zona costera en Perú central se hundió durante el Cuaternario Medio-Superior, mientras que las regiones norte y sur llegaron a elevarse. Estos desplazamientos son revelados por espectaculares terrazas marinas elevadas, conocidas como Tablazos. Sebrier (1985) estimó que el levantamiento Cuaternario varía de 0.8mm año^{-1} en el área de Ica (intersección de la dorsal de Nazca), 0.4 mm año^{-1} en el noroeste, y una velocidad de hundimiento de 0.1 mm año^{-1} para el área de Lima.

Durante la última parte del Cenozoico, el acortamiento de la corteza, acompañado de fallas, formó extensas mesetas de gran altitud, el Altiplano-puna las cuales dominan la topografía intramontana del sur de Perú y Bolivia. La meseta del Altiplano-puna del sur de Perú, Bolivia y norte de Chile/Argentina (14-28ºS), forma la segunda meseta más grande en el mundo. Está ubicada a una elevación promedio de 3.700 m, cubre un área de 300 km de ancho y 2.000 km de largo. Solo la meseta tibetana es más extensa y alta. Es claro que en esta zona se correlaciona espacialmente con un segmento de la placa Nazca de inclinación de 30º hacia el este, entre las latitudes 14ºS y 26ºS. Los altos relieves, hasta 6.500 m de altitud, están presentes en las cordilleras Oriental y Occidental. El segmento Altiplano presenta un fuerte espesor cortical de hasta 70 km en los Andes orientales varía de 32-65 km (Swenson *et al.* 2000) y en los Andes occidentales de 35-60 km (Masson *et al.* 2000).

La morfología y el relieve actual del segmento Altiplano - puna son esencialmente el resultado del último episodio orogénico (Fase Quechua) (Noblet *et al.* 1996). Este episodio ha sido bien reconocido en la parte oriental de la cadena andina, donde ha sido fechado en 27-0 Ma a partir de datos estructurales y cronoestratigráficos (Sempere *et al.* 1990, Rochat 2000). En esta región, un episodio mayor de levantamiento ha sido detectado entre 10-15 Ma, a partir de datos de trasas de fisión (Benjamín *et al.* 1987). El inicio de la deformación oligo-Neogeno sería ligado a un aumento de la tasa de convergencia entre las placas Nazca y Sudamericana (Somoza 1998). Esta deformación ha sido precedida por un período de quietud tectónica entre 35-27 Ma.

La estructuración oligo-Neogeno del Altiplano oriental está representado por un cinturón de pliegues y de cabalgamientos que implican un acortamiento horizontal importante (190-280 km), evaluado gracias a los perfiles balanceados (Baby *et al.* 1997). La deformación oligo-Neogeno de la parte occidental del Altiplano es menos conocida.

La aceleración del régimen de subducción en los Andes centrales en el oligoceno superior (27 Ma) (Somoza 1998). Ha sido asociado a la acumulación de importantes volúmenes de magma, de composiciones variadas (Sebrier & Soler 1991), lavas andecíticas a dacíticas y de ignimbritas riolíticas, constituyendo una franja cotinua y extendido esencialmente en la parte occidental de la cadena. Este magmatismo es característico de dominios de subducción y resulta de fusión del manto por deshidratación de la litosfera subducida. Un magmatismo de arco interno o tras arco, menos voluminosa forma una franja dispersa, está representado por rocas ácidas hiperalumínicas y por lavas alcalinas y shoshoníticas en la parte oriental de los Andes. Este magmatismo ha sido interpretado como producto de la fusión de la corteza y/o del manto (Sebrier & Soler 1991).

El perfil transversal de los Andes en la latitud 21ºS presenta 750 km de ancho, constituyendo la parte mas ancha de todo los Andes; en este sector los Andes centrales puede subdividirse en diferentes unidades morfoestructurales, cada una con rasgos estructurales y litológicos distintos y característicos. De oeste a este puede resumirse de la siguiente manera:

La Cordillera de la Costa es una cadena de montañas estrechas (0-20 km) y poco elevado, al norte de Arica (Chile) es completamente ausente esta serranía. La topografía de esta cordillera es poco accidentado con colinas redondeadas y depresiones de valles menores. El relieve está formado por rocas mesozoicas mientras que las depresiones intramontanas son rellenados por sedimentos oligo-miocenos. Al este, la altitud de la cordillera disminuye progresivamente hasta desaparecer bajo los sedimentos de la depresión central, al oeste, por el contrario esta limitado por la línea abrupta que constituye el escarpe costero.

La Depresión Central de 40 a 55 km de ancho es una región topográficamente plana. La depresión central corresponde a una cuenca continental de anti-arco, rellenado por depósitos sedimentarios y volcánicos oligo-miocenos. El borde occidental alcanza alturas de 500 a 1.000 m, mientras que el borde oriental varía de 1.900 a 2.300 m.

En la Precordillera, con un ancho de 20-35 km, las altitudes aumentan de 1.900-2.300 hasta 3.200-3.800 m. Esta región corresponde a una meseta alargada, constituido esencialmente por ignimbritas oligo-miocénicas. Los contactos con la depresión central y la Cordillera Occidental son progresivos.

La Cordillera Occidental tiene un ancho de 50 a 100 km de oeste a este; su altitud aumenta desde 3.000-3.500 m hasta 5.800-6.300 m. La altitud máxima alcanza el volcán Parinacota con 6.350 m. La topografía es muy irregular. Al este el contacto con el Altiplano es progresivo e irregular mientras que el límite occidental con la Precordillera es abrupta. Las depresiones son las cuencas intramontanas muy estrechas, alcanzan 10 km de ancho, una elevación de 3.000-3.600 m Los volcanes neógenos están repartidos en las partes norte y este de la Cordillera Occidental; estos picos alcanzan altitudes de 4.500-6.350 m.

El Altiplano se forma aproximadamente a partir de 14º S donde las cordilleras Occidental y Oriental del Perú se abren para formar una extensa cuenca intramontana de aproximadamente 190.000 km^2, formada a partir del levantamiento de la Cordillera Oriental. De manera general, en el Altiplano existe un control estructural sobre el relieve ya que los anticlinales se encuentran formando serranías aisladas, con altitudes que varían entre 4.000 a 5.350 m y los sinclinales concuerdan con valles y zonas topográficamente bajas. Gran parte del Altiplano forma superficies planas de depósitos lagunares correspondientes a los grandes lagos que existieron episódicamente durante el Cuaternario, situados a 3.654 y 3.860 m y depósitos aluviales y fluvio glaciares cuaternarios situados entre 3.860 y 4.100 m, que constituyen los piedemontes de las serranías y las cordilleras Occidental y Oriental.

Desde el punto de vista geomorfológico, el Altiplano representa una extensa depresión tectónica, controlado por bloques hundidos y elevados tanto transversal como longitudinalmente, lo que ha generado una cuenca endorreica, con extensos salares en el sur y lagos semi salados en el centro alimentados por las aguas del Lago Titicaca de agua dulce ubicado en la parte norte del Altiplano, mediante el río Desaguadero.

La Cordillera Oriental es una unidad geográfica, geomorfológica y geológica bien definida. Es la prolongación de la misma cadena Oriental del Perú que continua hacia el sur, ingresando en el territorio argentino. En la región de Bolivia está limitada al oeste, por grandes fallas (Coniri y San Vicente) que la separan del Altiplano y al este por el Cabalgamiento Frontal Principal como límite con las sierras subandinas. Las elevaciones de los picos importantes alcanzan hasta 6.500 m.

La Cordillera Oriental, tectónicamente puede dividirse en dos sectores separados por el lineamiento profundo formado por la zona de fallas de la Cordillera Real y su prolongación hacia el este de Sucre (Bolivia), para posteriormente tomar un rumbo sur hasta la Argentina.Presenta una secuencia estratigráfica y es la más completa en la región de Bolivia, con afloramientos de rocas proterozoicas a recientes y con secuencias marinas a continentales. Durante la mayor parte del paleozoico inferior constituyó una cuenca intracratónica, somera a profunda, con algunas fases compresivas y distintivas separando los principales ciclos tecto-sedimentarios, para luego conformar cuencas continentales de ante-país y tras-arco, con importantes fases compresivas asociado con un intenso magmatismo. Las facies son también variadas, mayormente clásticas, pero con desarrollo de plataformas carbonáticas en el Carbonífero superior y Pérmico; volcanitas y volcanoclastitas en diferentes sistemas, pero preferentemente en el Cenozoico.

El Subandino constituye un complejo sistema de serranías longitudinales estrechas y separadas por amplios valles sinclinales. Esta región, ubicada entre la Cordillera Oriental y la llanura Chaco beniana, constituye el borde oriental de la Cordillera de los Andes y atraviesa parte del territorio peruano, Bolivia y norte de Argentina. Todas las investigaciones del subandino coinciden en señalar que corresponde a una compleja faja plegada y corrida, separada de la Cordillera Oriental por el denominado Cabalgamiento Frontal Principal, que constituye una importante falla longitudinal meridiana de corrimiento que limita ambas provincias geológicas. El límite oriental con las llanuras beniana y chaqueña esta definido por el Frente de Cabalgamiento Subandino.

Morfológicamente, las serranías coinciden con las estructuras anticlinales, las cuales son atravesadas transversalmente por ríos antecedentes, en una etapa juvenil de erosión. Las estructuras sinclinales son por lo general dos o tres veces más amplias que los anticlinales, conforman grandes valles agrícolas atravesados por ríos longitudinales. A lo largo de las sierras subandinas se reconocen dos zonas estructurales, la norte con dirección NW-SE desde Perú hasta la zona de Chapare (12-18ºS) en Bolivia, la zona sur con dirección N-S desde la zona de Chapare hasta norte de Argentina (18-26ºS).

Un cambio dramático ocurrió en la geométría de la placa en el límite del Mioceno-Plioceno, cuando las dorsales oceánicas Juan Fernández y Nazca intersectaron el margen de la placa. Este evento causó una modificación en el ángulo de la inclinación de subducción de los segmentos de la placa oceánica y estableció la escena para desarrollos tectónicos durante el último Plioceno y Cuaternario en los Andes centrales.

Los efectos de la tectónica durante el Cuaternario, fue identificado en el Altiplano Boliviano y la Cordillera Oriental, donde Lavenu (1986) identificó escarpes de fallas menores. Pero los cambios sustanciales en el paisaje, creados por tectónica Cuaternario se

encuentran en las Sierras Pampeanas al extremo sureste de la meseta Altiplano-puna, en el NO de Argentina.

Las Sierras Pampeanas (Lat. 26-33° S), limita al norte con la puna y la Codillera Oriental, al oeste con la precordillera, incluyen una serie de bloques corticales del pre-Cámbrico – rocas de cabalgamiento ascendentes del Paleozoico Temprano a lo largo del sistema este de fallas inversas del oroclino boliviano. Los bloques forman cadenas de montañas que llegaron a ser separados por depresiones (grabens) rellenados con sedimentos del Cenozoico. La evolución morfo-tectónica de la región y la cronología de los diferentes eventos fue determinada (Strecker1987) mediante trazas de fisión y dataciones radiométricas 40Ar/39Ar en tefras incorporadas en las secuencias sedimentarias y gravas ubicados en pedimentos desarrollados dentro las cadenas montañosas.

El levantamiento inicial de las cadenas montañosas en el norte comenzaron hace 10.6-6.6 Ma, elevando la topografía a una altitud mayor de 5.000 m. En contraste con aquellas ubicadas más abajo a solo 400 m de altitud. El principal levantamiento de la región entera comenzó hace 4.0-3.4 Ma y culminó hace 2.9 Ma. Estos movimientos crearon el relieve necesario y las condiciones climáticas para el desarrollo de pedimentos y extensos abanicos de grava los cuales fueron útiles como marcas geomorfológicas del entendimiento de la evolución de la topografía tectónica. Strecker (1989) encontró cinco pedimentos que fueron formados hace 2.5 Ma y 0.3 Ma; ellos llegaron a ser disectados, presumiblemente por los pulsos de levantamientos hace 2.5 Ma, 1.2 Ma, 1.2-0.6 MA, 0.6 Ma y 0.3 Ma. Como los tres pedimentos más antiguos llegaron a ser plegados y fallados, ellos documentan fuertes movimientos tectónicos en el área al menos hasta el Cuaternario medio-superior.

El Sur de los Andes Centrales está también caracterizado por formas fisiográficas tectónicas, pero éstas fueron estudiadas en pocos lugares tanto en Chile como en Argentina. Por ejemplo, al oeste de los Andes, escarpes de fallas mueven taludes cuaternarios, terrazas aluviales y plataformas marinas en áreas tales como la zona de piedemonte del oeste del Salar Grande (Okada 1971), al Salar de Carmen cerca de Antofagasta y a lo largo del sector norte de la zona de falla de Atacama. Las terrazas son movidas 40-50 m en algunos lugares (Paskoff 1977).

Una de las secciones más altas de toda la Cordillera de los Andes se ubica entre las latitudes 27ºS y 33ºS, terminando en el macizo Sierra de Aconcagua (6.959 m). Esta región carece de magmatismo Plio-Cuaternario, al igual que el segmento norte de los Andes centrales.

Tectónicas del Cuaternario y glaciación

Los glaciares pueden desarrollarse en cualquier lugar donde la tierra se eleva por encima de la línea de nieve regional. Consecuentemente en cadenas de montañas que experimentaron movimientos verticales durante el Cuaternario, probablemente la tectónica jugó algún rol en determinar el comienzo y el grado de expansión del glaciar. Como consecuencia de la colisión de la placa Pacífica y Sudamericana, los Andes se segmentaron y los bloques de tierra fueron levantados tectónicamente en diferentes tiempos y lugares. Como resultado, algunas partes de los Andes pudieron elevarse por encima de la línea de nieve regional durante el Cuaternario, mientras que otras estuvieron sobre la línea de nieve desde el Plioceno.

En los Andes del Norte, Venezuela y Colombia, solo morrenas y tills de la última Glaciación están presentes. Esto contrasta con algunas partes de los Andes centrales donde depósitos glaciales del Plioceno fueron encontrados, mientras que en otras partes están presentes solo depósitos glaciales del Cuaternario medio-superior. Los depósitos glaciales más antiguos del Cenozoico están en la Patagonia, donde la preservación de tills debajo de basaltos del Mioceno superior a

Cuaternario documentó los registros de glaciación más detallados en el Hemisferio Sur.

La glaciación del Cuaternario alcanzó globalmente su mayor extensión durante el nivel isotópico 6, cuando las capas de hielo del Hemisferio Norte alcanzaron sus límites más distales. En los Andes los glaciares estuvieron presentes en varias partes, debido a que la cadena entera estuvo ya suficientemente alto. Esto sugiere que la naturaleza segmentada de las placas corticales y el levantamiento diferencial de unidades de terreno durante el Plioceno y Cuaternario significan que algunas partes de la cadena llegaron a ser elevadas encima de la altitud de la línea de nieve crítica solo en la última parte del Cuaternario. Si el índice estimado de levantamiento de 4 mm $año^{-1}$ para algunas partes de los Andes del Norte, dado por Giegengack (1984) es realista, entonces las cadenas como la Sierra Nevada de Santa Marta y los Andes de Mérida se elevaron 2.000 m durante los últimos 500.000 años, asumiendo simultáneamente que el acortamiento por denudación no es significativo. Como la actual línea de nieve en la región está a 5.000 m de altitud y que durante las glaciaciones del Cuaternario estuvo 1.000 m más bajo; está claro que solo pequeños glaciares pudieron desarrollarse en estas montañas previo al Cuaternario superior. Un argumento similar se aplica a la Cordillera Blanca (Perú), donde un índice de levantamiento de 0.8 mm $año^{-1}$ puede ser realista, e implica que el rango fue 400 m más bajo en el Cuaternario medio; esto significa que los glaciares pudieron expandirse mucho menos durante las glaciaciones previas a las dos últimas. Otro levantamiento tectónico que influyó en la extensión de la glaciación esta ilustrado por la región de Aconcagua. Por causa de que la principal fuente de humedad es el oeste, el levantamiento progresivo de la cadena Aconcagua (Cordillera Principal) incrementó progresivamente el efecto de la zona de abrigo de la lluvia en el lado este, efectivamente elevando la línea de nieve.

Referencias

Baby, P., Rochat, Ph., Herail, G. & G. Mascle.1997. Neogene shortening contribution to crystal thickening in the back arc of the Central Andes. Geology 25: 883-886.

Benjamín, M., Jonson, N. & Ch. Naeser. 1987. Recent rap ad uplift in the Bolivian Andes. Evidence from fission-tracks dating. Geology 15: 680-683.

DeMets, C., Gordon, R.G., Aarhus, D.F. & S. Stein.1990. Current plate motions. Geophys.J. Int. 101: 425-478.

Dollfus, O. 1965. Les Andes Centrales du Perou et leur piemonts. Etude morfologique. Tesis doctoral, Univ. de Paris, Paris. 404 p.

Giegengack, R. 1984. Late Cenozoic tectonic environments of the central Venezuelan Andes. Geol. Soc. Am. Memoir. 162, 343-364.

Hall, M. & C.A. Wood.1985. Volcano-tectonic segmentation of the Northern Andes. Geology 13: 203-207.

Hooghiemstra, H., 1989. Quaternary and Upper-Pliocene glaciations and forest development in the tropical Andes: evidence from a long high-resolution pollen record from the basin of Bogota. Palaeogeogr., Palaeoclimato. Palaeoecol. 72: 11-26.

Isaac, B.L. 1988. Uplift of the Central Andean plateau and bending of the Bolivian Orocline. J. Geophys. Res. 93 (B4): 3211-3231.

Lavenu, A. 1986. Etude tectónique et neotectonique de l´Altiplano et de la Cordillere Oriental des Andes Boliviennes. Tesis doctoral, University of Paris Sud, Paris. 240 p.

Masson, F., Dorbath, C. martinez, C. & G. Carlier. 2000. Local earthquake tomography of the Andes at 20ºS: implications for the structure and bulding of the mountain range. J. South Amer. Earth Sci. 13: 3-19.

Mégard, F. 1984. The Andean orogenic period and its major structures in central and northern Peru. J. Geol. Soc. London 141: 893-900.

Megard, F. 1978. Etude geologique des Andes du Perou central. Contribution a l'etude geologique des Andes Mem. Orstom (1): 1-86.

Noblet, C., Lavenu, A. & R. Marocco. 1996. Concept of continuum as opposed to periodic tectonism in the Andes. Tectonophysics 255: 65-78.

Paskoff, R.P. 1977. Quaternary of Chile: the state of research. Quat. Res. 8: 2-31.

Pilger, R.H. Jr., 1981. Plate reconstructions, seismic ridges, and low-angle subduction beneath the Andes. Geol. Soc. Am. Bull. 92: 448-456.

Okada, A. 1971. On the neotectonics of the Atacama fault zone region. Preliminary notes on late cenozoic faulting and geomorphic development of the coastal range of Northern Chile. Bull. Dept. Geography university of Tokio 3: 47-65.

Rochat, Ph., 2000. Structure et cinematique de l´Altiplano Nord Bolivien au sein des Andes Centrales. Tesis doctoral, Univ. Grenoble, Grenoble. 167 p.

Sebrier, M. & P. Soler.1991. Tectonics and magamatism in the Peruvian Andes from late Oligocene time to the present. En: Harmon R.S. & C.W. Rapela (eds) Andean Magmatism and its Tectonic Setting. Geol. Soc. America Sp. Paper 265: 259-278.

Sempere, T., Herail.G., Oller, J. & M.Bonhomme. 1990.

Late Oligocene-early miocene major crisis and related basins in Bolivia. Geology 18: 946-949.

Schuwartz, D.P. 1988. Palaeosismity and neotectonics of the Cordillera Blanca fault zone. Northern Peruvian Andes. J. Geophiys. Res. 93 (B5): 4712-4730.

Schubert, C. 1983. Tectonics and sedimentation: an example from the Merida Andes (Venezuela). Acta Geológica Hispánica 18: 207-215.

Somoza, R. 1998. Updated Nazca (Farallón). South America relative motions during the last 40 My: implications for mountain building in the central Andean region. J. south Amer. Earth Sci 11: 211-215.

Strecker, M.R., Cerveny, P., Bloom, A.L. & D. Malizia. 1989. Late Cenozoic tectonism and landscape development in the foreland of the Andes: Northern Sierras Pampeanas (26-28S), Argentina. Tectonics 8 (3): 517-534.

Swenson, J., Beck, S. & G. Zandt. 2000. Crystal structure of the Altiplano from broadland regional waveform modelling: Implications for the composition of the thick continental crust. J. Geoph. Research. 105: 607-621.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 11-36.

El clima y sus efectos en la vegetación

Paul Emck[1,2], Andrés Moreira-Muñoz[1,3] & Michael Richter[1,*]

[1]Instituto de Geografía, Universidad Erlangen-Nürnberg,
Kochstrasse 4/4, 91054, Erlangen, Alemania
[2]pemck@gmx.net, [3]amoreira@geographie.uni-erlangen.de
*Autor de correspondencia: mrichter@geographie.uni-erlangen.de

Abstract

The characteristics of the climate and its effects on the vegetation of the Central Andes between the Girón-Cuenca valley in Ecuador and the Cordillera de Atacama in Northern Chile is described. The climatic background is given at three different scales: the macroclimatic scale treats the systems of atmospheric pressure and patterns of circulation; the intermediate scale depends on the general system, but exhibits regional differences; examples of the microclimatic scale are given especially for the Cordillera de Atacama. The relation climate - vegetation is shown by means of examples from South Ecuador and South Perú. Southern Ecuador (Cordillera Real) is dominated by hygrothermic complexity due to the heterogenous relief. The climatic W-E contrast is marked and influences the distribution of semideciduous and evergreen forests in the lower parts of the area as well as different types of mountain forests and páramos. In the SW slopes of southern Peru (between ríos Colca and Tambo) the vegetation is more homogenous although there are differences along the gradient SW-NE: from the loma vegetation of the coast, passing through the hyperarid desert to the tolares and cushion plants at higher altitude. The life conditions of Andean plants are extreme: intense drought and short growth period. The Central Andes have a long history of geobotanical exploration, since the 18th century, and this allows us to emphasize the role of this zone for the development of the discipline of biogeography. In spite of this there are sector that have only recently been investigated, such as the Huancabamba Depression, with sectors in several angiosperm families. The Central Andes is a center of plant diversity of continental and global importance, in close association with the topographic and climatic heterogeneity at different scales.
Key words: Climate, Vegetation, Central Andes, Huancabamba depression.

Resumen

Se exponen las características del clima y sus efectos sobre la vegetación en los Andes Centrales de Sudamérica, comprendidos entre la grieta de Girón-Cuenca en Ecuador y la cordillera de Atacama en el norte de Chile. Los antecedentes se presentan en tres escalas: una escala macroclimática que aborda el sistema de presiones y patrones de circulación sobre los Andes Centrales; sistemas de meso-escala dependientes del sistema general pero con diferencias regionales; y ejemplos de situaciones particulares microclimáticas en la cordillera de Atacama. La relación clima - vegetación se expone mediante dos ejemplos del S Ecuador y S Perú. En el sur ecuatoriano (Cordillera Real) domina una complejidad higrotérmica por el relieve heterogéneo. El contraste climático W-E es marcado, lo que influye la vegetación de bosques semideciduos, siempreverdes en partes más bajas del área así como diferentes tipos de bosques montanos y páramos. Mientras que en la vertiente andina SW del sur peruano (interfluvios de ríos Colca y Tambo) la vegetación es más homogénea, aunque con diferencias en un gradiente SW-NE: desde la vegetación de lomas en la costa, pasando por el desierto hiperárido, hasta las formaciones de tolar y plantas en cojín a mayor altitud. Las condiciones de vida de las plantas andinas son extremas: intensa aridez y corto período vegetativo. Los Andes Centrales tienen una larga historia de exploración geobotánica a partir del siglo XVIII, lo que permite resaltar el rol de esta zona en el desarrollo de la disciplina biogeográfica. Aún así, hay sectores sólo recientemente investigados, como la Depresión de Huancabamba, con novedades en varias familias de angiospermas. Los Andes Centrales son un centro de diversidad florística de importancia continental y global, en asociación estrecha con la heterogeneidad topográfica y climática de la zona en varias escalas de análisis.
Palabras clave: Clima, Vegetación, Andes centrales, Depresión de Huancabamba.

Introducción

Desde un punto de vista climático, los Andes Centrales están delimitados al Sur por la diagonal árida, la cual atraviesa la cadena de los Andes en el sector entre el Volcán Llullaillaco (24°30' S) y el Nevado de Tres Cruces (27°) en dirección SE-NW, en la frontera entre Chile y Argentina (fig. 1). Al sur de este sector prevalecen las lluvias de invierno, mientras que al norte dominan las lluvias de verano (Luebert & Pliscoff 2006). A la vez, se trata de un límite tropical, según Troll & Paffen (1964), que separa un clima estacional (amplitud de la temperatura estacional > amplitud de temperatura diaria) en el sur, de un clima eminentemente diario (amplitud de temperatura estacional < amplitud de temperatura diaria) en el norte.

Por el norte, los Andes Centrales alcanzan la grieta de Girón-Cuenca, a partir de donde se reconocen los Andes septentrionales. La depresión de Huancabamba, ubicada entre Perú y Ecuador, corresponde aún a los Andes Centrales. Al sur de esta depresión domina una clara separación entre el flanco occidental seco y el flanco oriental húmedo, en cambio hacia el norte ambos son flancos lluviosos. Los Andes Centrales serán considerados a continuación en relación con el sistema de circulación macroclimática, así como en su diferenciación mesoclimática regional y finalmente en cuanto a sus características microclimáticas.

La topografía de los Andes Centrales como base para la diversidad climática

Mientras que el área norte de los Andes Centrales tiene el paso de menor altitud en la Depresión de Huancabamba, el sur de la cordillera de Atacama se trata de uno de los más altos tramos. Así, el Abra de Porculla en el norte de Perú, entre Olmos y Jaén (ca. 6° S) es el paso más bajo (2.145 m) desde Colombia a Chile Central. El Volcán Llullaillaco en la Cordillera de Atacama (6.739 m) y el Huascarán (6.768 m), en la Cordillera Blanca de Perú son en cambio las alturas principales en el área de estudio. La Cordillera Blanca forma el cordón tropical más alto y único ampliamente englaciado del mundo. En el sector del Abra de Porculla, los Andes Centrales se caracterizan además por lo estrecho de la sección transversal, que abarca apenas 85 km en dirección W-E. En contraposición, el sector más ancho abarca casi 600 km de ancho entre la provincia de Parinacota (Chile) y el así denominado "Codo de los Andes", al W de Santa Cruz de la Sierra en Bolivia, lugar en que la Cordillera Oriental cambia de rumbo en dirección sur (Figura 1).

Las particularidades topográficas de los Andes Centrales tienen naturalmente consecuencias climáticas, esto es, el clima regional no es solamente condicionado por los sistemas de presiones generales. Por ejemplo, el Altiplano actúa como superficie de calentamiento entre las cordilleras, formando una baja presión regional autóctona durante el día. Aquí se desarrollan células convectivas que tanto desde el Pacífico como principalmente del sector amazónico, configuran un pronunciado sistema de vientos de valle que se traduce en una alta presión en la alta tropósfera (Lenters & Cook 1997). En cambio, en el centro del Perú y Sur de Ecuador las cadenas principales orientadas N-S son acompañadas por profundos valles como el del Río Marañón. En estos sectores septentrionales predominan corrientes de alisios de origen oriental, de forma que muchos valles longitudinales quedan protegidos del viento en una posición de sotavento y son por lo tanto muy secos. En dichos casos son frecuentes las extraordinarias diferencias de humedad en un espacio reducido, como se verá a continuación.

Única en este sentido es la situación en la Depresión de Huancabamba, donde sólo hay una cadena motañosa principal y se aprecian condiciones climáticas similares en ambas laderas: predomina la sequía tanto en la cuenca de Jaén en el Este como en Chiclayo en el Oeste. La topografía variable también es responsable

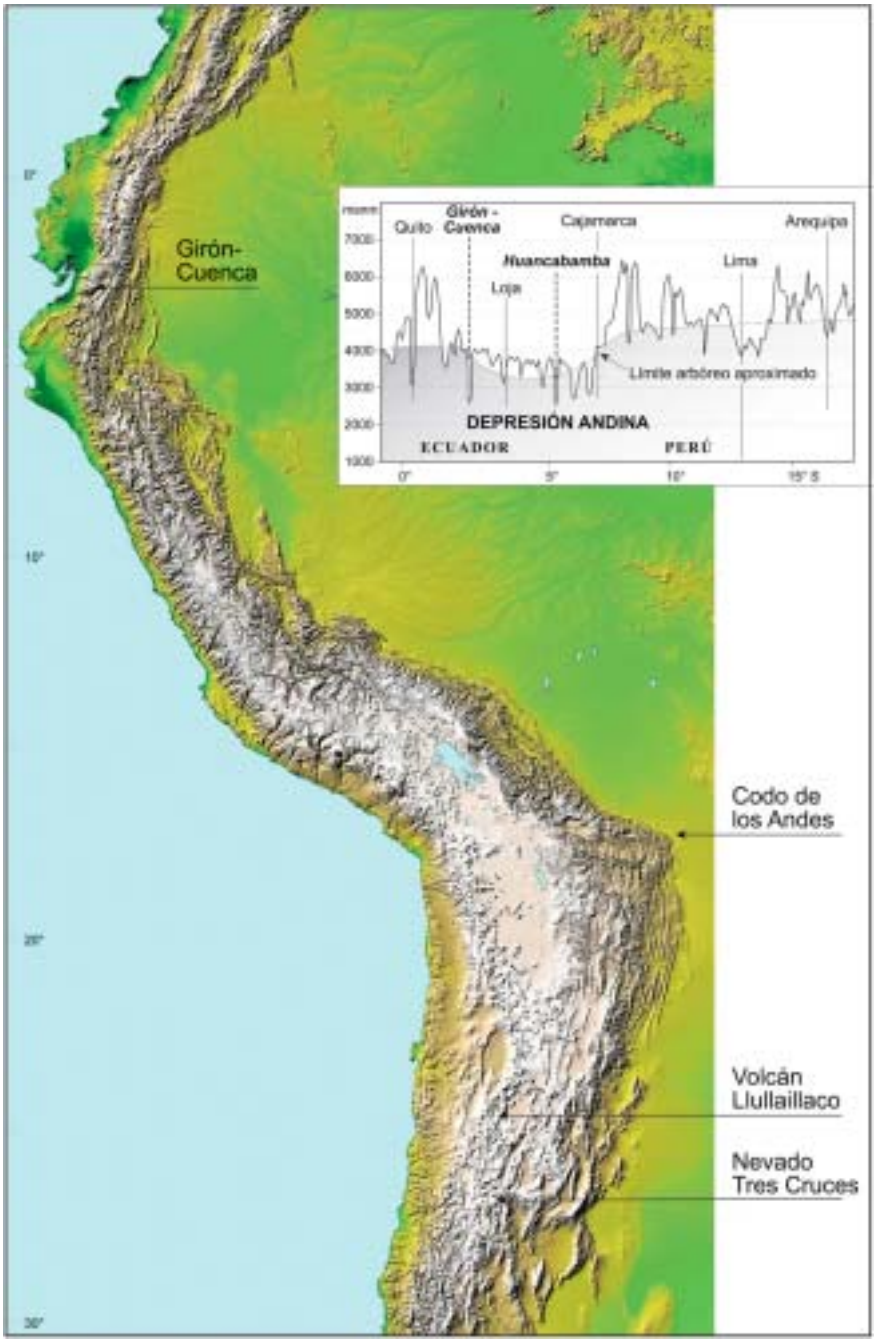


Fig. 1: Area de estudio: los Andes Centrales. Inserto: Perfil meridional (N-S) que ilustra las depresiones de Girón-Cuenca y de Huancabamba. Fuente: modificado de www.wikipedia.org

de una alta complejidad climática, la cual es aparentemente responsable de una flora muy diversa y rica en endemismos, pero aún relativamente desconocida.

Distribución de la presión y patrón de vientos

La parte sur de los Andes Centrales abarca principalmente a Bolivia y el norte de Chile. Este sector es afectado, al nivel de 1.000 hPa (aproximademente nivel del mar), por los siguientes tres sistemas de presión supraregionales (Graf 1986, Hoffmann 1992, Weischet 1996, Schmidt 1999, Figura 2):

a) A lo largo del año el casi estable anticiclón del Pacífico Sur permanece relativamente fijo en su posición por la cadena de los Andes. El anticiclón se encarga de proveer una constante corriente en sentido N o NNW, a lo largo del flanco occidental de la cordillera y es responsable de la diferenciación de las condiciones del tiempo respecto al resto del continente (Miller 1976).
b) El también relativamente estable anticiclón del Atlántico Sur, el cual provee las masas de viento provenientes del este hacia el flanco oriental de la cordillera.
c) Ambos anticiclones están separados por un centro de baja presión que se extiende desde la cuenca del Amazonas por los Andes hacia el sur („vaguada del Sur"). Este centro de baja presión puede generar un patrón de corrientes de aire NE-SW. En los meses de verano esta baja presión se extiende hacia el Sur hasta encontrarse con la depresión orográfico-térmica de Cuyo, al oeste de Córdoba (ver figura 3, sobre todo el nivel de 925 hPa en enero).

La circulación del Hemisferio Sur muestra una fuerte dinámica debido a su marcado contraste de temperatura entre la Antártica y las regiones ecuatoriales, siendo una resultante la gradiente de presión, así como por menores pérdidas de fuerza por roce sobre una superficie eminentemente oceánica. Por ello, el anticiclón del Pacífico Sur es extraordinariamente fuerte a lo largo de todo el año y especialmente en el invierno austral, reconocido a nivel mundial por su persistencia (Trewartha 1961, Endlicher *et al.*1990). Esto tiene como resultado que a lo largo de la costa Pacífica sopla un constante y fuerte viento sur. El encuentro de estos vientos

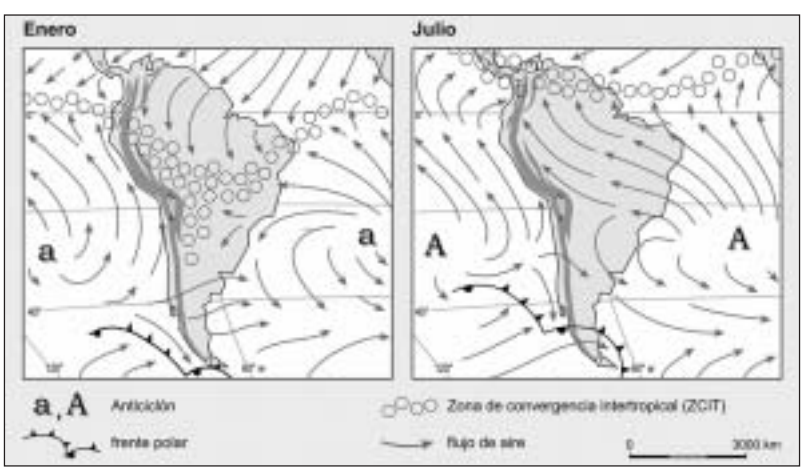


Fig. 2: Comportamiento de la presión y corrientes de viento al nivel de superficie en Sudamérica. "a" y "A" representan la menor y mayor intensidad de los anticiclones.

con la subsidencia de la tropósfera media son la causa de la sequía y la formación del desierto en el flanco occidental. La sequía se extiende hasta Lima y sobre 2.000 m, para retirarse solamente a la latitud de Machala en el Sur de Ecuador (Richter 1996, ver figura 4 arriba, límite árido-semiárido).

La parte Norte de los Andes Centrales comprende principalmente Ecuador, y es afectada en el nivel 1000-925 hPa por los siguientes tres grandes sistemas de circulación (Richter 2003, Emck 2006, Figura 2):

a) En el verano, sobre la costa del Sur de Ecuador, el alisio se desplaza desde el anticiclón del Pacífico Sur hacia el NW en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); mientras que en el invierno se

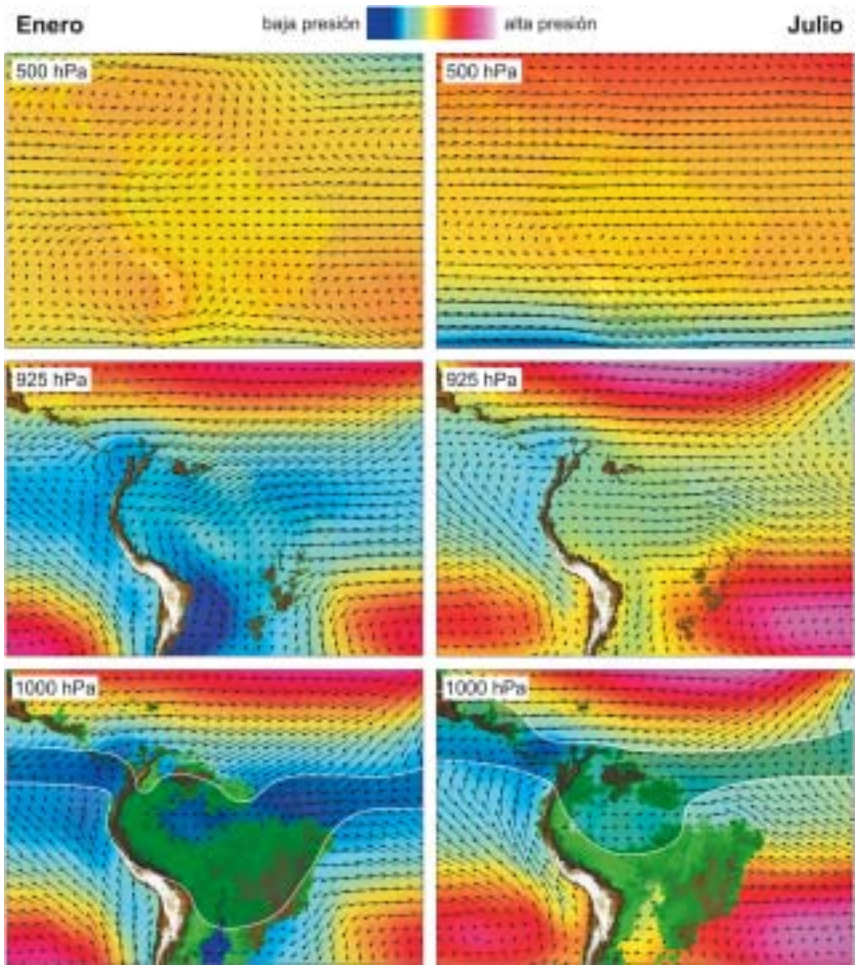


Fig. 3: Presión atmosférica y vientos horizontales durante enero y julio en diferentes niveles de altitud (expresados en hPa) en base a valores promedios de 30 años. 500 hPa = ca. 5.500, 925 hPa = ca. 800 y 1.000 hPa = ca. 0 m. Datos de NCEP/NCAD-reanalysis (http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.derived.html) Las líneas blancas en 1.000 hPa muestran la posición de la ZCIT en enero y julio.

mantiene en la zona costera, cruza el ecuador y se transforma en un monzón lluvioso al norte de Ecuador y Colombia.

b) En el flanco oriental de los Andes se da un cambio de dirección estacional de los alisios: En el verano provienen desde el anticiclón de Azores desde el NE hasta chocar con los Andes y son transformados en una corriente de chorro baja (low-level jet). En el invierno soplan los alisios desde el SE a lo largo del continente sudamericano en dirección de la ZCIT en su posición Norte. Sin embargo, sobre el Amazonas pierden intensidad, contrariamente a los vientos orientales en los niveles más altos (>925 hPa).

c) La ZCIT permanece en los Andes del Norte relativamente estacionaria y provee de lluvias constantes a lo largo del año –en una especie de "diagonal húmeda"–, tanto en el Chocó (Colombia) al W, como en el Napo (Ecuador) en el lado oriental. Solamente cuando la ZCIT se desplaza levemente hacia el Sur se dan en el sur de Ecuador cortas corrientes monzónicas, las cuales aportan abundantes precipitaciones en la Cordillera Occidental, así como en las sierras interandinas. Durante cortos períodos de una a dos semanas se puede instalar en el verano una variante de este sistema de circulación, que origina fuertes anomalías del tiempo en el occidente de la Amazonía. El anticiclón del Pacífico Sur fortalecido, una relativamente intensa baja presión a lo largo de los Andes orientales y al mismo tiempo debilitados alisios zonales en el nivel de 700-600 hPa ocasionan una pronunciada corriente septentrional a lo largo de los Andes orientales, que pueden generar una dinámica corriente de chorro baja. La amplia subsidencia resultante sobre los

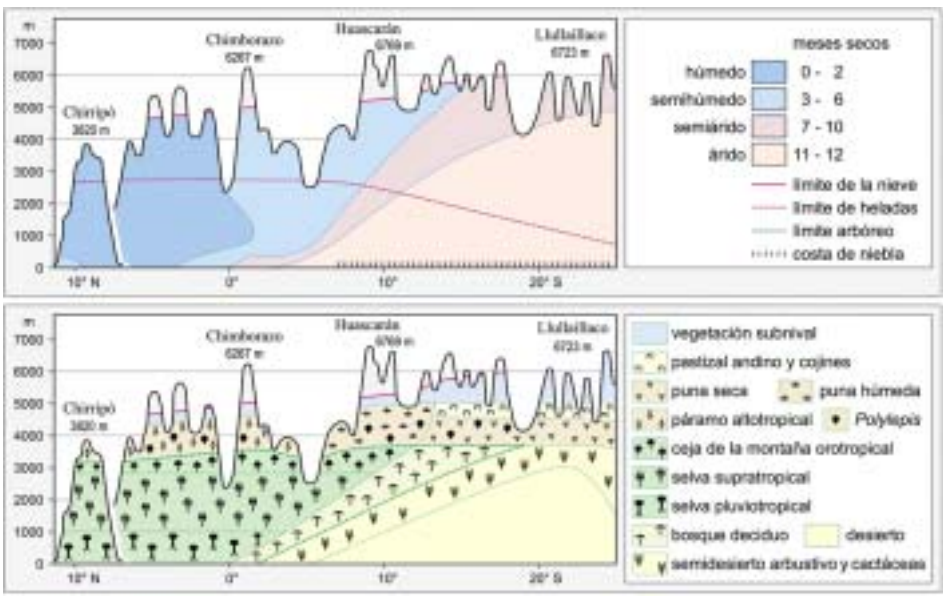


Fig. 4: Perfil meridional de humedad y pisos de vegetación para la vertiente occidental de los Andes Centrales (ver métodos para estimar humedad en Schmiedecken 1978; vegetación según Czajka 1968, Lauer 1976 y Richter 2001).

Andes ecuatoriales diluye la densa nubosidad imperante, creando el así llamado "veranillo del Niño".

Durante todo el año, los alisios en la baja tropósfera son presionados desde el nivel de 700 hPa por vientos persistentes del E (easterlies) y son empujados al flanco andino oriental (nivel 500 hPa, Figura 3). Estos alisios son responsables de un constante ingreso de humedad en la vertiente oriental de Ecuador, el cual disminuye hacia el Sur, debido a la menor influencia de los vientos de altura. Durante el invierno, cuando los vientos del E son substituidos por vientos occidentales en la tropósfera media, en los Andes orientales de Bolivia ocurren períodos de sequía más o menos largos. Solamente en zonas específicas aparecen "islas de humedad", como por ejemplo en el Chapare (Cochabamba, Bolivia), mientras que más al N, en los alrededores de Jaén (norte del Perú) también aparecen "islas de sequía" (ca. de 6° S, Figura 5 arriba).

Corrientes en distintos niveles de altura y anomalías por la orografía

En el punto anterior ya se expuso la importancia de las corrientes en la tropósfera media como motor de las características climáticas en los Andes Centrales. Es notable el contraste entre el componente E en las cercanías del ecuador con el componente W al sur de la zona de estudio (en 500 hPa, Figura 3). En el primer caso, los alisios del E se encargan de traer la humedad sobre la Amazonía hasta los Andes orientales; en el segundo caso son los sistemas frontales los que aportan la humedad en Chile templado (Figura 2). En ambos casos se observan importantes precipitaciones de varios miles de mm anuales en las correspondientes zonas de barlovento. Detrás de la cadena andina ocurren en cambio vientos *föhn* (vientos catabáticos secos y calientes) con efectos secantes, tanto en los valles interandinos de Ecuador (ver abajo) como en la Patagonia oriental (Argentina).

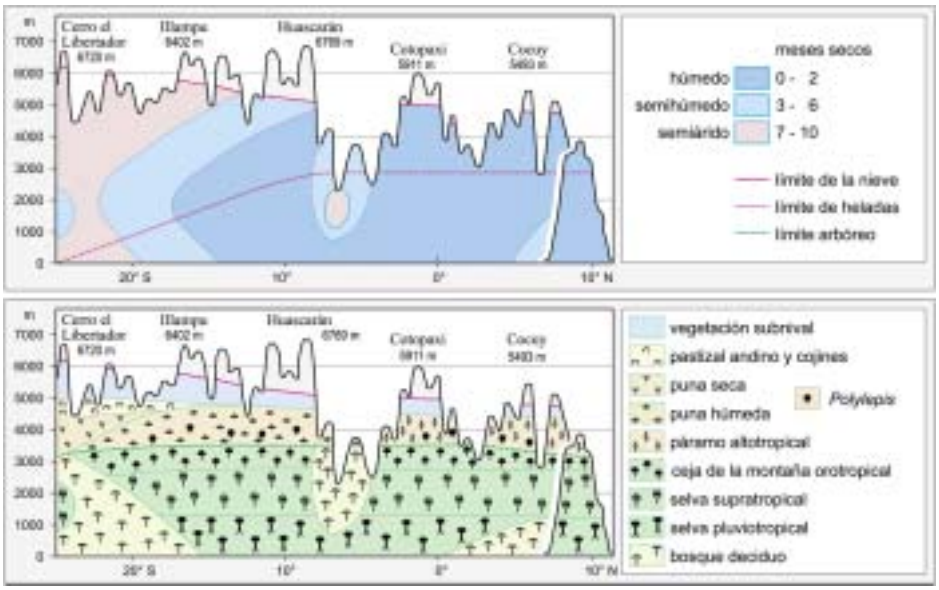


Fig. 5: Perfil meridional de humedad y pisos de vegetación para la vertiente oriental de los Andes Centrales (ver métodos para estimar humedad en Schmiedecken 1978; vegetación según Czajka 1968, Lauer 1976 y Richter 2001).

Entre ambas corrientes contrarias y a lo largo de la cordillera ocurren turbulencias dinámicas, que causan fuertes corrientes NW en verano a lo largo del flanco oriental en el sector Sur de los Andes Centrales. En el invierno, este sector de turbulencias es fuertemente comprimido debido a que los vientos occidentales superiores se desplazan hacia el N, alcanzando incluso el ecuador en altura, en el nivel de 150 hPa (Schwerdtfeger 1961, Kreuels *et al.* 1975, Jacobeit 1992).

La figura 6 muestra cómo los sectores altos de los Andes son afectados principalmente por corrientes advectivas y "de travesía" (especialmente en 5° S). En ambas estaciones (enero y julio) las corrientes orientales sobre el Sur de Ecuador muestran su enorme influencia sobre las cimas en la depresión de Huancabamba. Aquí predomina un efecto turbina con velocidades medias mensuales del viento de 30 km/hora (8-9 m/s) en enero y hasta 34 km/hora (9-10 m/s) en julio, pues los vientos del E en 700-600 hPa, esto es a 3.000 y 4.500 m son comprimidos a través de esta depresión andina.

Asimismo, resulta interesante el abrupto cambio de las velocidades del viento en 20° S, o sea inmediatamente al S del "Codo de los Andes". Aquí se muestra, sobre todo en enero, el ingreso de masas de aire desde el N hacia la baja presión de Cuyo a nivel de superficie (corriente de chorro baja) (en la figura 6 con isolíneas verdes frente al flanco oriental). En cambio en julio, los vientos del N soplan más débiles y a mayor altitud (chorro medio). En ambos casos se trata de masas de aire divergentes que se desprenden de la corriente frente a la muralla andina en el Perú central. Estas masas son responsables de las frecuentes lluvias en Chapare (al Centro de Bolivia). Estas corrientes son casi siempre dominantes, sin embargo, en ciertas ocasiones invernales, puede suceder una importante anomalía: el anticiclón del Pacífico Sur se desplaza hacia el Atlántico, lo que permite el ingreso de masas de aire antárticas más hacia el N. Dichas corrientes son responsables de vientos fríos a lo largo de los Andes (surazos, friajes). Fuertes friajes han alcanzado en julio de 1975, agosto de 1978 y en 1999 hasta el oriente ecuatoriano y colombiano y marcaron hasta en 5° N (Villavicencio, Colombia) extremas de frío y de alta presión (Emck 2006, basado en NCEP/reanálisis de datos)!

En el lado occidental de los Andes el comportamiento del viento es mucho más suave. Altas velocidades del viento se generan bajo la inversión de los alisios (1.000 a 2.000 m), pero esta corriente diaria y continua está principalmente restringida al mar y en la zona costera. Pocos kilómetros hacia el interior disminuye la influencia de los alisios, debido al roce con la superficie terrestre (bajas velocidades en contacto directo con el flanco W, figura 6).

Variación espacial climática meridional y vertical

La variación climática meridional (meridional es utilizado en sentido meteorológico, es decir, la variación Norte-Sur o Sur-Norte) ocurre en ambos lados de los Andes Centrales desde una situación húmeda en el Norte a una árida en el Sur. En la figura 7 se representa esta situación, destacando regiones con exceso hígrico y aquellas con déficit. Al mismo tiempo, es evidente que el comportamiento no es de ninguna manera sincrónico: en el lado occidental (estaciones a, f) y oriental (estaciones d, i). En el occidente domina una situación de aridez cercana a 3° S (por ejemplo en el W de Guayaquil); en cambio, en el oriente se registran regiones con un déficit hígrico anual bajo -100 cm/año en el Sur de Bolivia (19° S). Sin embargo, en el E no se alcanzan niveles tan marcados de aridez. En los altos Andes especialmente en las zonas interiores, la aridez se extiende de N a S, al abrigo de las cadenas montañosas. También la intensidad de los vientos de tipo *föhn* es decisiva para el carácter árido.

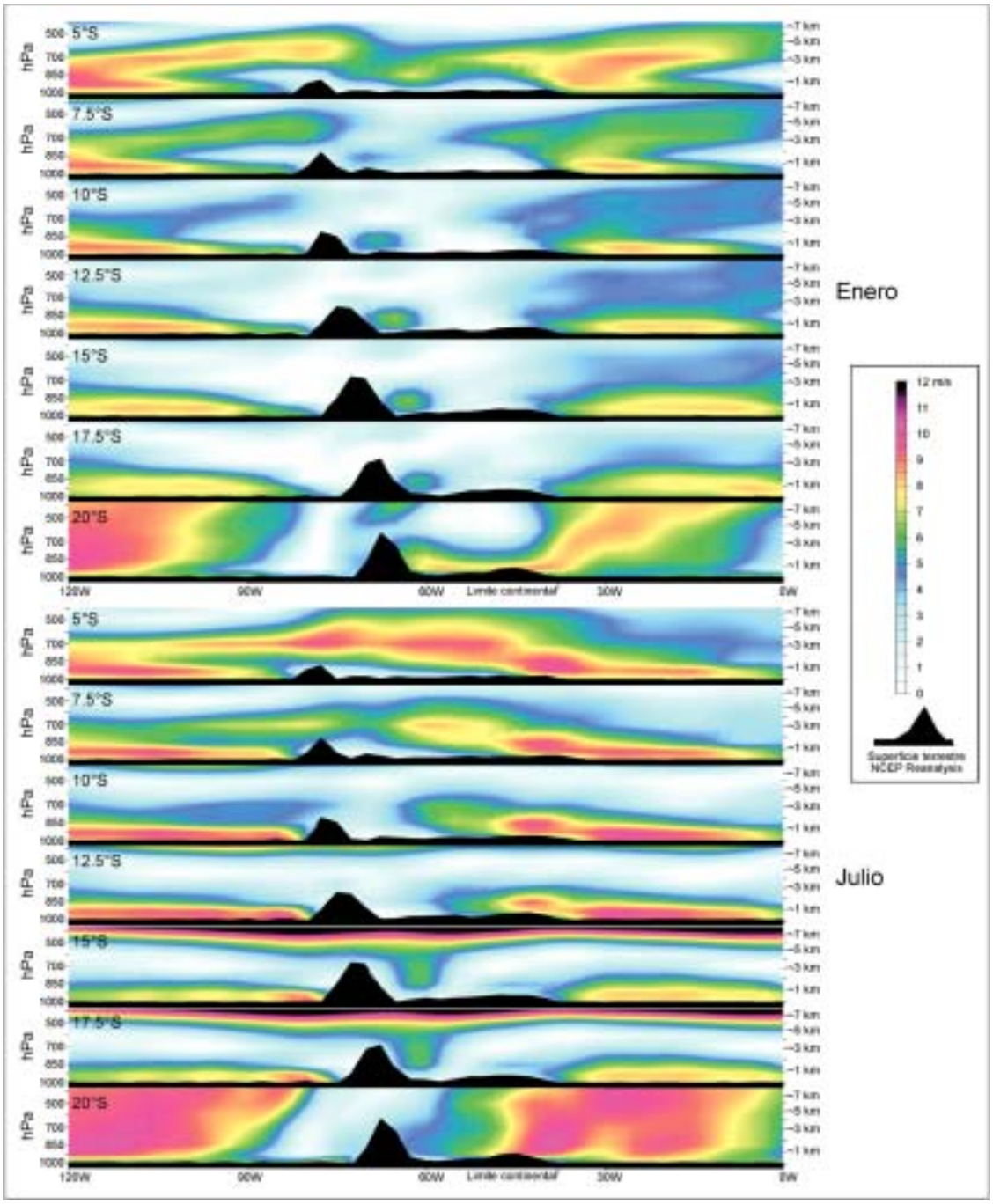


Fig. 6: Velocidades del viento en varios perfiles transversales entre 120°W y 0° sobre Sud América y los Andes en enero y julio. Datos de NCEP/NCAD-reanalysis (http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.derived.html)

Un gradiente de precipitación vertical predomina en montañas tropicales que muestra máximas lluvias en determinado piso altitudinal. La localización vertical de este máximo depende de la aridez/humedad y asimismo de la temperatura en la correspondiente altitud. Sobre una superficie seca y cálida las masas de aire deben subir en altitud hasta condensarse y durante este proceso una parte de la precipitación potencial se evapora en los pisos inferiores (Lauer 1975, Richter 1996). La figura 8 muestra esta situación ejemplificada con el Valle de Zongo en Bolivia, a través de los datos de la Compañía Boliviana de Energía Eléctrica SA (COBEE): sobre un piso relativamente húmedo en los alrededores de Alcoche, se une una situación máxima de 3.000 mm/año, mientras que disminuyen notablemente las precipitaciones sobre los 3.000 m. Este comportamiento es normal en los trópicos y en los Andes Centrales, debido a las precipitaciones predominantes de tipo convectivo. Sin embargo, hay excepciones como el caso de la mencionada Depresión de Huancabamba, que más se asimila a una situación extratropical como producto de masas de aire húmedas de tipo advectivo. Bajo estas condiciones es válida la regla: al aumentar la altitud, aumentan las precipitaciones hacia las máximas altitudes. Este fenómeno ha sido analizado recientemente en el sur de Ecuador y por primera vez para el Neotrópico. En la Cordillera Real las mediciones arrojan sobre 6.000 mm/ año (ver diagrama Cerro del Consuelo en la figura 7) mientras que en partes más altas y expuestas las estimaciones llegan a sobre 8.000 mm/año (Emck 2006). Aquí también se diferencia el comportamiento anual de las lluvias a partir del esquema normal, mientras que en todas las otras estaciones la época de lluvias se concentra en verano (enero hasta 23°S, febrero hasta 12°S y marzo hasta 4°S, figura 7); en junio-julio el máximo de lluvias se concentra claramente en la Cordillera Real al sur de Ecuador. Éstas se producen en concordancia con los vientos fuertes del E (ver valores de julio en figuras 3 y 6 para la zona ecuatorial), que al mismo tiempo funcionan como motor para el ingreso de largas masas de aire húmedo cerca a la superficie (Bendix & Lauer 1992).

Los diagramas climáticos en la figura 7 reflejan nuevamente el típico comportamiento hígrico en el perfil horizontal, a través de los Andes: las precipitaciones aumentan en sentido W-E, tanto en el N semihúmedo como en el S árido. En todos los casos predomina un clima diario tropical con comportamiento anual similar, excepto en la zona costera de Antofagasta donde se alcanza el límite tropical (estación f). También en las alturas se trata de un clima tropical, pues aquí tampoco se aprecian diferencias térmicas anuales, que son características de los subtrópicos y extratrópicos.

Esta variación espacial tiene relación con las formaciones vegetacionales, apreciable en los perfiles de las figuras 4 y 5 abajo: la zonación vertical es determinada por la disminución de la temperatura, mientras que a lo largo de los Andes Centrales el comportamiento de la humedad es el factor decisivo en la variación meridional. Un mayor contraste en la vegetación se aprecia en el flanco occidental más seco que en el oriental más húmedo y vegetacionalmente homogéneo. Se trata de una vegetación tropical que en los pisos más altos puede describirse como supra-,oro- y sobre el límite arbóreo como alto tropical (no subtropical!) (términos como "alpino" y " subalpino" son poco adecuados para regiones tropicales, Richter 2001). En relación con el límite arbóreo, se pueden diferenciar dos tipos dependientes de la disponobilidad hígrica: Mientras que en regiones semihúmedas hasta áridas predominan bosques abiertos de *Polylepis* sobre los 4.000 m, luego éstos desaparecen en situaciones perhúmedas, como en la Depresión de Huancabamba donde el límite arbóreo no sobrepasa los 3.400 m y está compuesto por diversas especies (Richter & Moreira-Muñoz 2005).

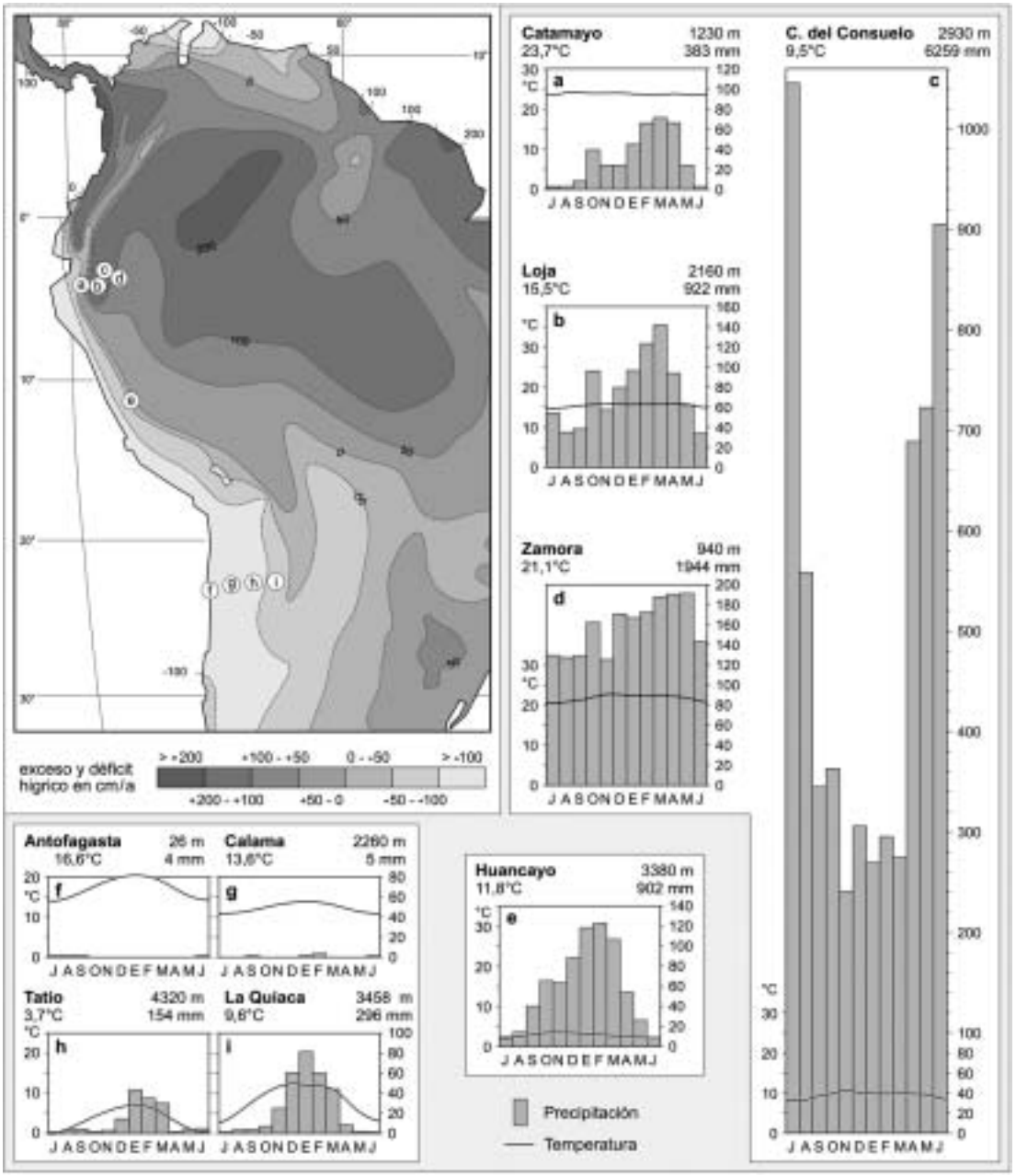


Fig.7: Carta de exceso y déficit hígricos en Sud América y diagramas climáticos de estaciones seleccionadas en el S de Ecuador (4), Perú central (1) y el N de Chile (4). La isolínea 0 representa el límite entre exceso y déficit hígrico.

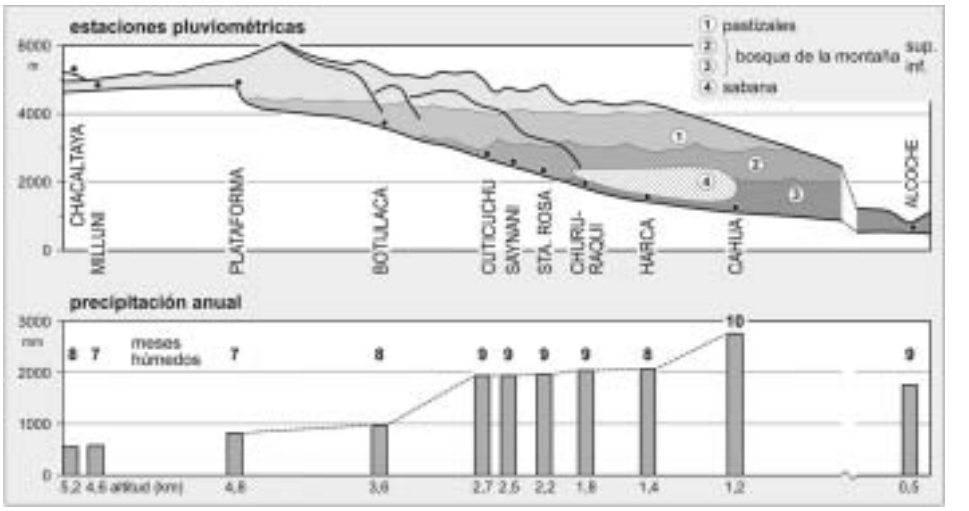


Fig. 8: Pisos de vegetación y gradiente vertical de precipitación anual en el Valle de Zongo cerca de La Paz (datos de precipitación: COBEE; ver métodos para estimar humedad en Schmiedecken 1978).

Sistemas de vientos regionales: modificadores del comportamiento de la humedad y temperatura

La situación macroclimática anteriormente descrita es modificada en muchos lugares por el sistema de vientos regional, donde el relieve tiene una función determinante. La figura 9 refleja esta situación en algunos sectores, aunque en el mapa modificado de Kistemann & Lauer (1990), seguramente faltan aún varios vientos regionales. Los vientos de valle y *föhns* son especialmente importantes, los cuales tienen un efecto secante. Además, en muchos lugares existen sistemas de vientos costa-cordillera que afectan al flanco occidental más árido de la cordillera. Todos los sistemas mencionados son especialmente efectivos durante el día, por lo siguiente:

- Sistemas de viento ladera-valle son muy comunes en los Andes Centrales y siguen el mismo principio de cambio entre el día y la noche en todas las zonas montañosas. Al interior de los valles ocurre una concentración de las masas de aire húmedas, sobre todo en sectores estrechos y por lo tanto se favorece el desarrollo de una vegetación higrófila. Los valles abiertos son relativamente secos donde las masas de aire se disipan y por lo tanto, la vegetación muestra un carácter más bien xerófilo.
- Estos sistemas de ladera-valle se intensifican en valles que cortan cadenas montañosas y en planicies altas. Bajo estas condiciones de relieve en que la superficie se calienta durante el día, las masas de aire son fuertemente atraidas hacia las tierras bajas, de forma que el valle es afectado por vientos fuertes y secos. Este fenómeno ampliamente distribuido ha sido descrito para los valles de Charazani y Consata en Bolivia (Richter & Lauer 1987). Seguramente es lo que afectó al climatólogo y geobotánico Carl Troll en el valle del Río La Paz, donde perdiera gran parte de su herbario debido al fuerte viento (Monheim 1985).
- Un sistema relativamente mayor lo forman los vientos costa-cordillera en el flanco

Fig. 9: Vientos regionales en los Andes Centrales (modificado de Kistemann & Lauer 1990).

cordillerano occidental (Richter & Schmidt 2002). Estos son especialmente fuertes en el sur de Perú y norte de Chile, donde predominan planos levemente inclinados y poco cortados, pero sometidos a grandes diferencias altitudinales. Esta situación se repite en los altiplanos de Imata, La Paz, Uyuni y también en la cordillera de Atacama. En este caso, se trata del efecto de succión de las masas de aire derivadas de los alisios que vienen desde el mar. Debido a la relativamente amplia distancia costa-piedemonte, la humedad transportada por el aire marino alcanza a la cordillera pasado el mediodía hasta la tarde, esto es antes de que el viento cambie de dirección cordillera-costa (Schmidt 1999).

- Capas de nubes cruzan las crestas liberando vientos catabáticos cálidos y secos, donde las cadenas andinas son más bajas y no actúan como muro bloqueando el ingreso de masas de aire húmedo. Estos *föhns* son especialmente fuertes en la parte ecuatoriana de la Depresión de Huancabamba, donde los vientos catabáticos pueden soplar sobre los valles interandinos desde ambos lados, es decir

tanto desde la Cordillera Oriental (C. de Celica) como desde la Cordillera Occidental (C. Real).

Hay vientos catabáticos que sólo tienen importancia local, y son aquellos que llevan aire frío a las regiones bajo glaciares, lo cual genera leves depresiones en los pisos superiores. Este fenómeno de vientos glaciales ocurre sobre todo en la Cordillera Blanca en Perú.

Complejidad higrotérmica y diversidad de las formaciones vegetacionales en el Sur del Ecuador

Dependiendo de la forma del relieve, se pueden diferenciar en los Andes Centrales dos tipos climáticos: Una complejidad higrotérmica muy heterogénea donde los Andes están conformados por dos o más cadenas montañosas y sus valles interandinos, mientras que una estructura de relieve más simple determina un sistema climático más homogéneo.

El tipo heterogéneo es el que predomina en el sur de Ecuador, donde se advierte una alta diversidad climática en espacios reducidos (Richter 2003, Emck 2006). Estos diferentes climas locales se aprecian en la figura 10, donde se representan las diferencias entre estaciones de barlovento y sotavento en el S de Ecuador (Zamora-El Libano y Vilcabamba, respectivamente, ambas a 1.970 m). Dichas estaciones distan solamente a 30 km y están separadas por la Cordillera Real, que alcanza una altitud máxima de 3.600 m (estación Páramo a 3.400 m, figura 10). La vertiente oriental húmeda con lluvias de hasta 3.000 mm/año y una temperatura media anual de 15.6°C contrasta con la vertiente occidental más seca que recibe cerca de 1.000 mm/año y muestra una temperatura media de 18.3°C. También se aprecian marcadas diferencias en la humedad del aire: en el E alcanza un máximo medio de 97% a las 5:00 am en el período más húmedo (marzo-julio) y una humedad media mínima de 77% a las 2:00 pm en el mes más seco (noviembre). Comparativamente en el occidente, los valores para la media máxima alcanzan 93% a las 6:00 am en el mes más húmedo (febrero) y apenas un 43% a las 2:00 pm en el período más seco (octubre-noviembre). En ambos casos, las lluvias son principalmente de tipo convectivo, que caen sobre Zamora durante el invierno austral pasado el mediodía y sobre Vilcabamba durante el verano austral en la tarde. La influencia del viento en el E es muy débil, mientras que en el occidente los *föhns* del E acentúan la sequedad, sobre todo durante los períodos lluviosos. En cambio el clima de altura marcadamente frío y húmedo de la estación Páramo es determinado por las masas de aire advectivas del E y por lluvias durante todo el año. Éstas se ven solamente interrumpidas en octubre-enero durante algunos días despejados del veranillo del Niño. En el caso de Vilcabamba, que es más seco que las otras dos estaciones, las lluvias convectivas en marzo-abril provocan aguaceros vespertinos de alta intensidad (figura 10 b).

Este contraste W-E - que ocurre en un espacio reducido - se ve destacado en las cartas climáticas y de vegetación (figuras 11 y 12). La diversidad de temperaturas en el perfil vertical entre la tierra cálida y la subhelada es fortalecida en latitud por contrastes hígricos. Un bolsón seco se aprecia en la cuenca de Catamayo, que a pesar de su altitud (1.230 m), con una temperatura media anual de 24.7°C, se puede clasificar como pequeño *hotspot* de tierra caliente. Su posición se debe a una doble protección, tanto desde el W como desde el E por la presencia de la Cordillera Occidental y Oriental, así como por las tierras interandinas, las que muestran un estrecho mosaico de sitios altos, fríos y húmedos entre sitios de valle secos y cálidos.

La complejidad del clima se expresa naturalmente en la diversidad de las formaciones vegetacionales (Richter & Moreira-Muñoz 2005, figura 12). El bosque semideciduo montano ocupa una mayor superficie y ha sido en gran parte transformado en matorrales de

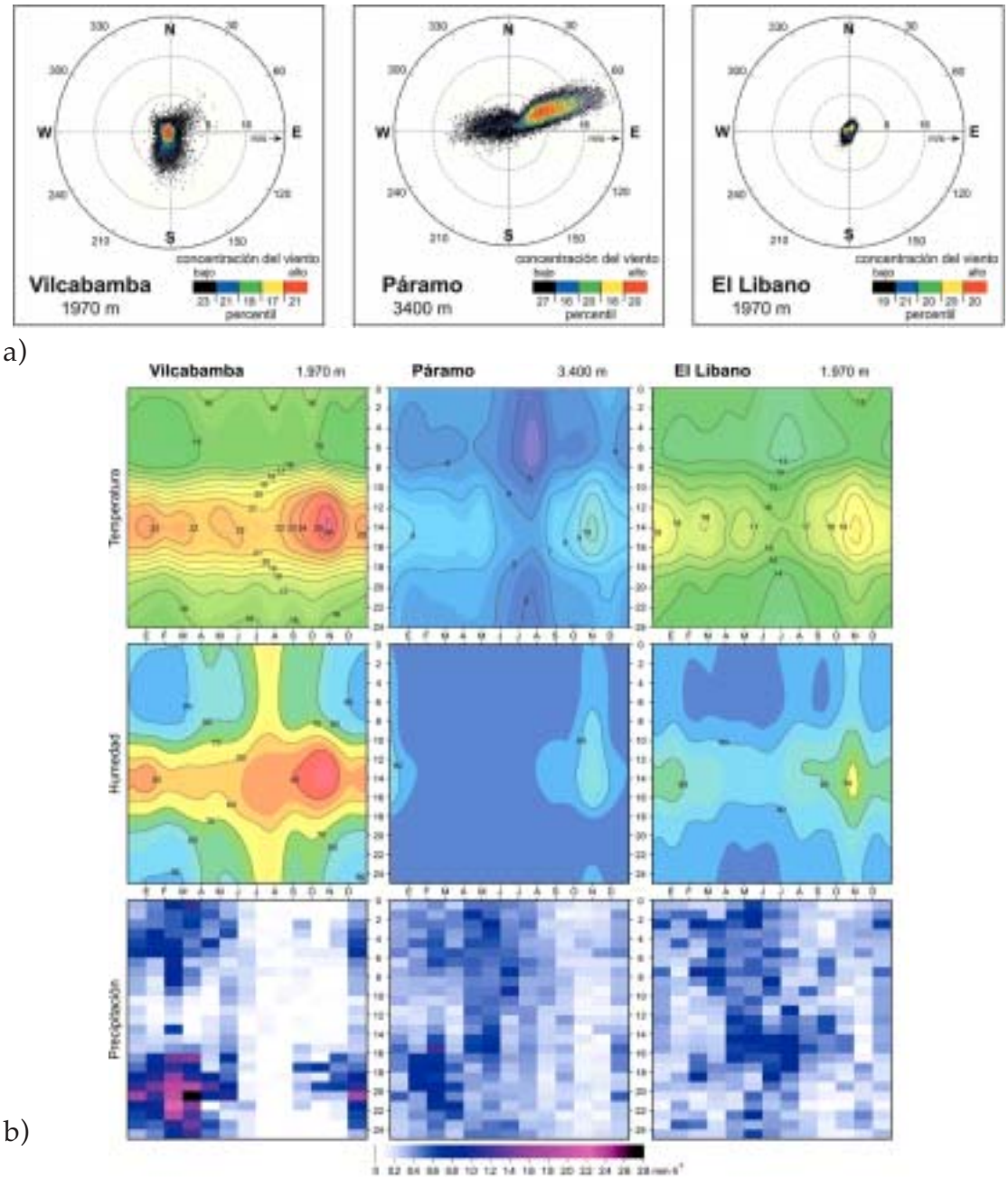


Fig. 10: Contraste climático en la Cordillera Real al S de Ecuador: a) rosa de los vientos con información de velocidad y dirección del viento; b) isolíneas de temperatura y humedad relativa del aire, así como distribución anual y diaria de las lluvias, en estaciones climáticas de sotavento (Vilcabamba), en la cima (estación Páramo; no corregidas por el viento) y en barlovento (Zamora-El Líbano).

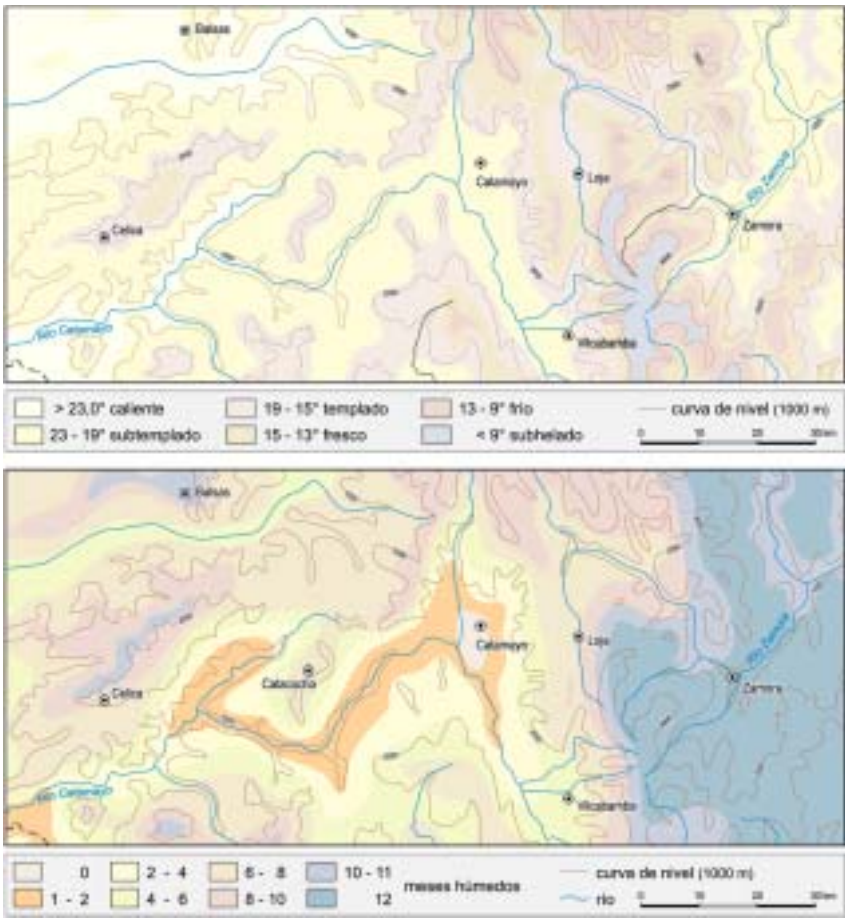


Fig. 11: Diferencias de temperaturas y humedad en el S de Ecuador (humedad según Richter 2003).

influencia humana. En la imagen de satélite resaltan estos parches de matorral en tono gris. En esta formación dominan las especies arbóreas *Acacia macracantha, Capparis scabrida, Ceiba insignis* y *Tabebuia chrysantha*. Esta formación actúa como transición entre el bosque semideciduo ralo de colina en la frontera con Perú (en el cual dominan *Ceiba trichistandra, Cochlospermum vitifolium, Bursera graveolens* y *Loxopterygium huasango)* y el bosque siempre verde montano. Junto a la ceja de la montaña se pueden distinguir en varios pisos afectados por la neblina y caracterizados por diferenes especies arbóreas de los géneros *Clusia*, *Ilex*, *Miconia*, *Palicourea*, *Symplocos*, *Weinmannia*, así como *Ocotea y Persea* en los pisos inferiores. Así como los bosques lluviosos son extremadamente ricos en musgos, los páramos de altura se muestran extremadamente diversos en plantas vasculares, especialmente en especies de los géneros *Bomarea*, *Brachyotum*, *Chusquea*, *Disterigma*, *Elaphoglossum*, *Gaultheria*, *Lycopodium*, *Mikania* y *Puya*. El bosque pluvial siempreverde oriental se caracteriza por los géneros *Beilschmiedia, Cecropia, Ficus, Guarea, Ladenbergia, Leonia* y *Terminalia*, así como palmas en los géneros *Ceroxylon*, *Euterpe, Iriartea* y *Oenocarpus*, de carácter amazónico.

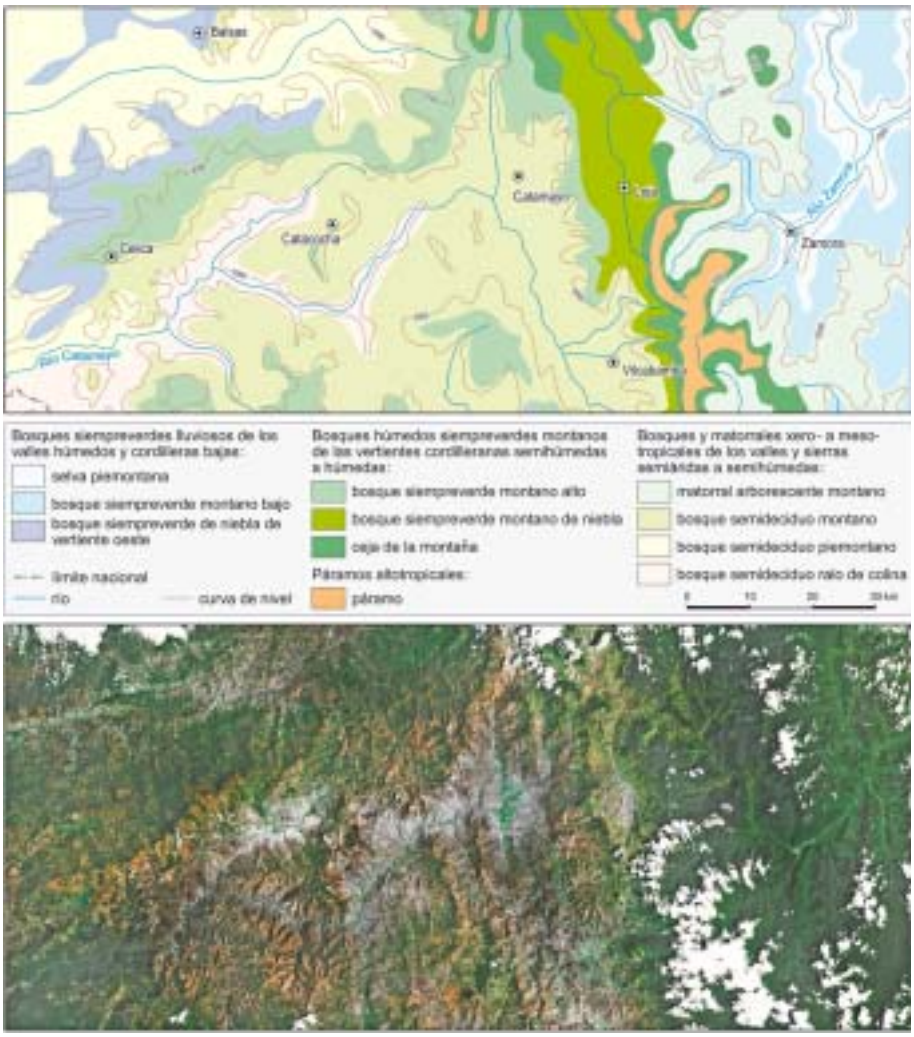


Fig. 12: Formaciones de vegetación potencial e imagen de satélite del Sur de Ecuador (Vegetación según Richter & Moreira-Muñoz 2005; imagen de satélite: www.maps.google.com).

Complejidad higrotérmica y diversidad de las formaciones vegetacionales en el Sur de Perú

Mucho más simple y homogénea se muestra la variación climática y vegetacional en la costa árida de la vertiente suroccidental de los Andes Centrales en el sur de Perú (Richter 1981), donde el relieve volcánico aumenta gradualmente en altura desde la costa Pacífica hacia el NE, rematando en una gran muralla de altura. Dos de los tres valles principales forman profundos cañones (Río Colca y Río Tambo) y muestran diferencias térmicas marcadas en una corta distancia (figura 13a). Aquí predominan también fuertes vientos en las superficies cálidas de las altiplanicies.

La variación térmica e hígrica es continua de abajo hacia arriba. En la costa el régimen de temperaturas se muestra relativamente frío,

debido a la influencia de la corriente de Humboldt. Esta región se caracteriza sobre todo en invierno por la presencia de neblinas constantes hasta cerca los 1.000 m. Las neblinas pueden ingresar bien al interior en los valles, aunque disminuyen en intensidad, creando pequeños espacios más cálidos a lo largo de los ríos Colca y Tambo que corresponden a la tierra sub templada a templada (figura 13a arriba). Luego se da un paulatino enfriamiento hasta las mayores altitudes, entre las que se cuenta el Nevado de Ampato con 6.288 m. La isolínea de 0°C de la temperatura media anual se encuentra casi exactamente a los 5.000 m. En la costa se observan pocas variaciones de la temperatura diaria, que en Mollendo sólo alcanzan 3.1°C en agosto y 5.5°C en enero, debido a su carácter marítimo. Sin embargo, en el sector continental de Imata a 4.463 m las diferencias diarias pueden alcanzar 32.2°C en agosto y 21.3°C en enero. Recién en los alrededores del Lago Titicaca se encuentran nuevamente valores menos extremos (Richter 1981).

A la par con las efectivas neblinas, la costa recibe también lluvias pero poco frecuentes y escasas bajo 5 mm/año.También en Arequipa, a 2.518 m predomina la sequedad con cerca de 90 mm/año. El 90% de la precipitación cae en invierno (Holmgren *et al.* 2001), debido a las corrientes del N a lo largo de los Andes orientales que sobrepasan las cadenas montañosas hacia el W. Recién sobre los 3.000 m se encuentra un mes húmedo al año, mientras que en Imata son cuatro los meses húmedos (570 mm) y en la ribera N del Lago Titicaca con cerca de 900 mm, pueden ser hasta nueve (figura 13a abajo).

La paulatina variación climática determina una simple zonación altitudinal de la vegetación (figura 13b). La vegetación de lomas se localiza entre 150 y 1.000 m en los sectores de mayor neblina, predominando una diversidad de pterófitas pertenecientes a los géneros *Jaltomata, Lycopersicon, Nolana, Palaua* y *Polyachyrus*, con la presencia constante de la gramínea *Eragrostis peruviana.* Los arbustos más frecuentes son *Carica candicans*, *Calliandra prostrata*, *Frankenia chilensis*, *Gaya pilosa* y *Lycium stenophyllum*, mientras que en lugares más altos aparecen los cactus: *Neoraimondia arequipensis* y *Haageocereus decumbens*, así como *Tillandsia straminea* sobre sustrato arenoso. Hasta los 2.400 m domina un desierto hiperárido, el cual luego es reemplazado por un matorral de arbustos xerófilos como *Adesmia spinossissima, Ambrosia fruticosa*, *Encelia canescens*, *Krameria lappaceae, Tarasa operculata* y diversos cactus, por ejemplo *Weberbauerocereus weberbaueri*. Desde los 3.300 m hasta 4.000 m domina una formación arbustiva (tolar) con *Anatherostipa obtusa, Baccharis tricuneata, Parastrephia lepidophylla* y *P. quadrangularis*, así como *Tetraglochin strictum*, que en altura se transforma en una puna de gramíneas con *Festuca orthophylla* y *Jarava ichu*. También aparecen aquí queñuales relictos de *Polylepis incana* y *P. rugulosa*, así como *Buddleja coriacea.* A mayores altitudes y por encima de los 5.000 m, se caracterizan por la presencia de caméfitas de los géneros *Azorella, Baccharis, Fabiana, Nototriche, Senecio, Valeriana* y *Werneria*, entre ellas los cojines de "yareta" (*Azorella compacta*), „inka roca" (*Opuntia floccosa*) y del „ayro" (*Pycnophyllum molle*). En la imagen de satélite se aprecia el paulatino reemplazo del desierto hiperárido por las formaciones arbustivas en un gradiente SW-NE.

El tipo de clima relativamente homogéneo y su correspondiente transición vegetacional corresponden a un flanco cordillerano occidental poco sinuoso, de origen volcánico y cortado por pocos, aunque profundos valles. En cambio, la vertiente oriental es mucho más rica en valles de origen fluvio-glacial. Esta vertiente es más abrupta y geológicamente heterogénea, de forma que genera condiciones locales diferenciadas de humedad y por lo tanto, una mayor diversidad de ecosistemas, formaciones vegetacionales y especies.

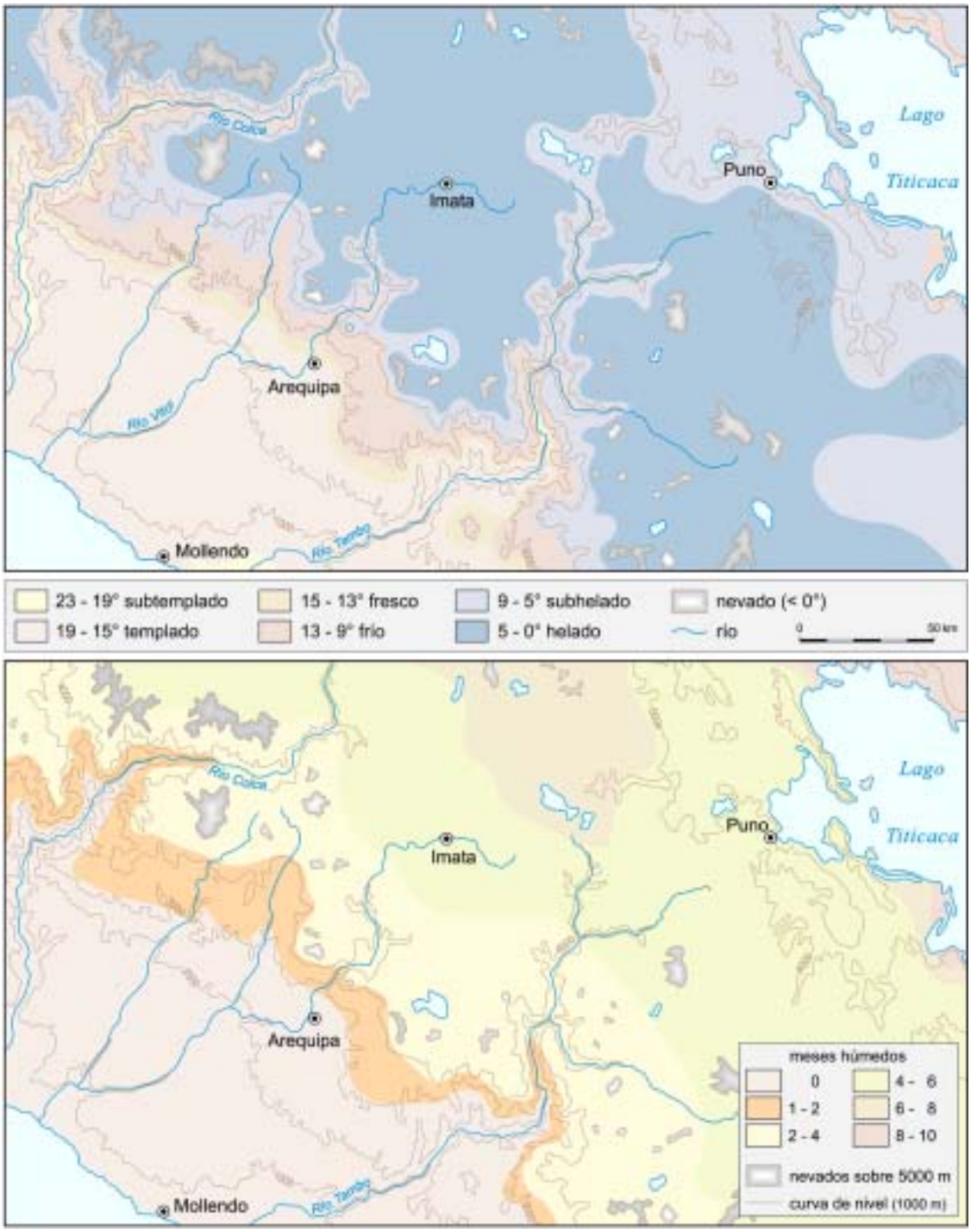


Fig. 13a: Diferencias de temperaturas y humedad en el S del Perú (humedad según Richter 1981).

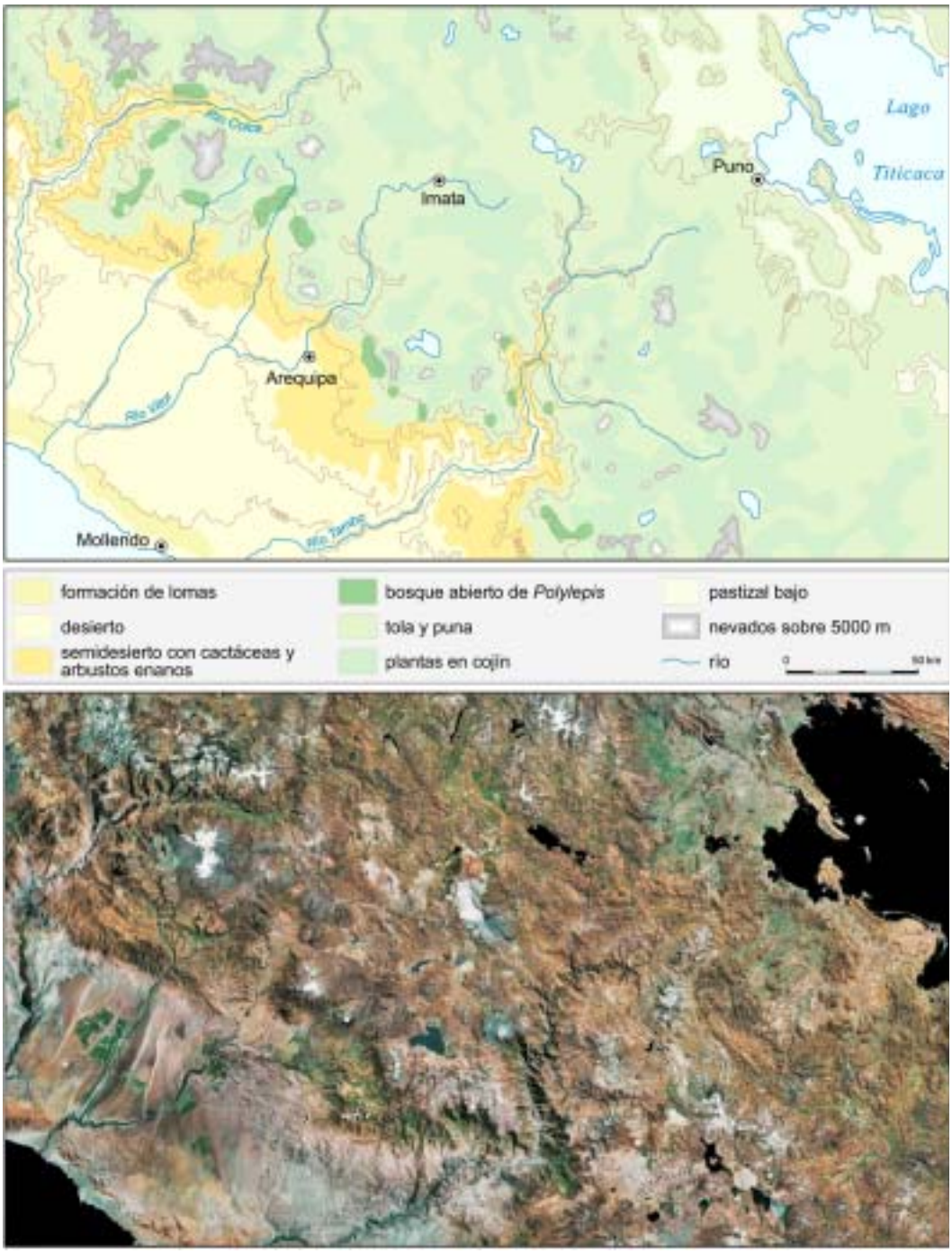


Fig. 13b: Formaciones de vegetación potencial e imagen de satélite del Sur de Perú (Vegetación según Richter 1981; imagen de satélite: www.maps.google.com).

Algunas características microclimáticas y sus efectos sobre la vegetación

Diferencias diarias de la temperatura del aire superiores a 30°C, como en el caso de Imata, llevaron a Troll (1959) a declarar que en los sectores más secos de los Andes Centrales se encontraría a escala mundial el mayor déficit microtérmico para el crecimiento de las plantas. Precisamente en los lugares de puna sometidos a una alta radiación solar, la germinación y crecimiento de las plantas predominantes que son rosetas y cojines, se ven dificultados por dichas variaciones extremas de temperatura y baja humedad del aire menor al 5%. El crecimiento es lento y funciona en muchas especies sólo durante la mañana y a media tarde, entre las fases de heladas nocturnas y sobrecalentamiento diurno. La baja productividad genera una transformación desde la forma cilíndrica original hasta los cojines radiales y rosetas enanas de hojas pequeñas y en una superficie compacta. La disminución resultante de la superficie de transpiración constituye una protección frente a las altas temperaturas, el viento y la alta evaporación (Rauh 1978).

El comportamiento microtérmico extremo de superficie ha sido documentado para los sectores desérticos de los Andes Centrales en el límite chileno-boliviano, en la cordillera de San Pedro de Atacama: Se registraron mediciones diarias a 4.250 m sobre suelo oscuro de cenizas con fragmentos de pastizal, que para enero y en relación a una intensa radiación se presenta una amplitid máxima de casi 90°K (-14.7°C a las 7:00 am hasta 74.7°C a las 2:20 pm) y en julio sobre 65°K (-20.2°C a las 7:30 am hasta 47.1°C a las 2:00 pm). Similar comportamiento y en esta zona de altura, muestran las termo-isolíneas en la figura 14. Aquí se aprecia que a una menor altitud (Talabre a 2.950 m, 23°22‘ S, 67°50‘ W) el calentamiento de la superficie del suelo es igual de fuerte que en lugares más altos (Tumbre a 4.250 m, 23°21‘ S, 6747‘W), aunque la influencia de las heladas nocturnas es menor en lugares de menor altitud. A menor altitud, el crecimiento de las plantas se ve limitado por la menor precipitación (según Schmidt 1999, cerca de 40 mm/año, en contraste con 200 mm/año a mayor altitud). También se muestran claras diferencias en la humedad relativa del aire, que en sitios altos presenta mayores valores que en los bajos, donde los valores mínimos diarios permanecen bajo un 5% por muchas horas (Talabre, figura 13).

El límite chileno-boliviano en los Andes es reconocido como la región que recibe la mayor cantidad de radiación solar en el mundo. Sin embargo, similares valores se han medido recientemente en el sur de Ecuador, que corresponde a uno de los lugares más húmedos del planeta. A una altitud de 3.400 m se midió un máximo de 1.832 W/m^2 y similares mediciones de radiación global en sectores cercanos confirman este valor extremo. Esta radiación actúa sólo por pocos minutos, al unirse una radiación difusa muy potente a la radiación directa. El motivo es la posición vertical del sol, la atmósfera limpia y varias capas de nubes en que la radiación de onda corta se refleja sin perder mucha de su intensidad. Las plantas no muestran características especiales en su forma de crecimiento como en caso de los Andes áridos, debido a que esta sobredosis de radiación es relativamente limitada en un ambiente siempre húmedo. Muchas especies de plantas protegen principalmente sus nuevos tejidos mediante una fuerte producción de carotina, la cual es responsable del color rojo en los tejidos de la hoja.

En un contexto microclimático se pueden representar estas condiciones de radiación especiales también como termo-isolíneas. En la figura 15 se representa con el ejemplo de agosto una situación normal, en que hay una amplitud diaria extremadamente baja de máximo 3°K. Las diferencias de temperatura en las superficies por encima de 30°K pueden aumentar solamente luego de varios días de tiempo seco con viento del NW, siempre que el suelo

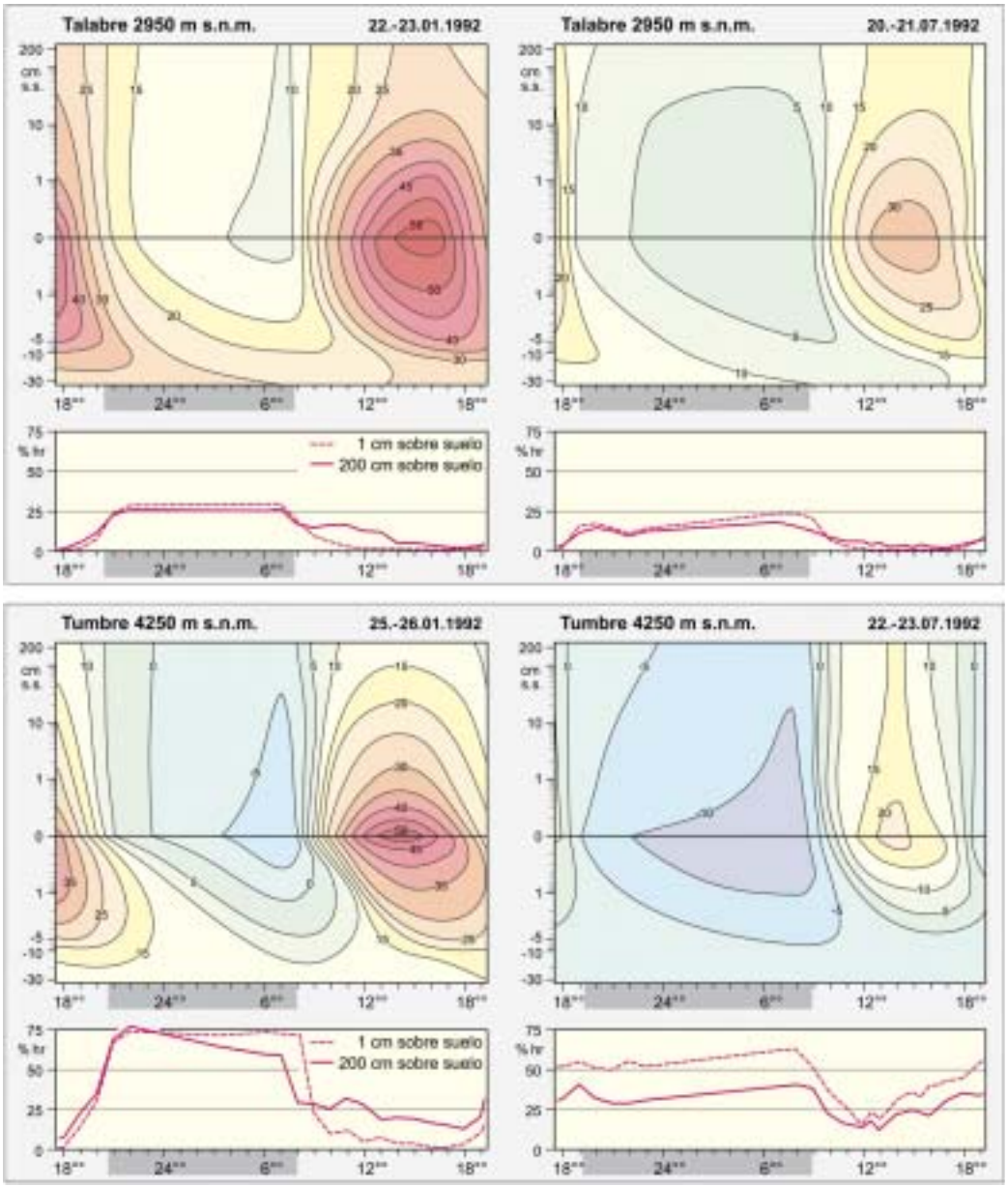


Fig. 14: Diagrama de termo-isolíneas y humedad relativa del aire a partir de mediciones diarias con tiempo despejado en dos localidades de la Cordillera de Atacama en enero y julio 1992 (escala logarítmica para los centímetros sobre y bajo la superficie del suelo).

superficial esté relativamente seco (en diciembre, típico caso de "veranillo del Niño", figura 14). En estos casos excepcionales, la humedad relativa del aire puede bajar hasta 50% (mínimo absoluto de 12.6% en 2 m sobre el suelo).

Breve reseña acerca del estado del conocimiento geobotánico en los Andes centrales

Los Andes Centrales han sido objeto de estudios climáticos y vegetacionales desde los inicios de la ciencia geobotánica. Basta recordar que los inicios de esta disciplina están indisolublemente ligados a la incursión de Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en estos territorios entre 1802 y 1803. Aunque las primeras notas botánicas y colectas de plantas en Ecuador habían sido realizadas ya en el siglo anterior por Charles-Marie de La Condamine (1736-1743) y por el ilustre botánico Joseph de Jussieu (1735-1747). Podemos decir por ende que los Andes Centrales han sido el punto de partida de la geografía botánica como ciencia moderna. Sólo como ejemplos del paulatino avance del conocimiento florístico y vegetacional podemos citar los pioneros trabajos de Philippi (1860) en la cordillera de Atacama, Weberbauer (1911) en Perú, Herzog (1923) en Bolivia o Diels (1937) en Ecuador. Entre los más actuales cabe destacar las obras de Navarro & Maldonado (2002) para Bolivia y Luebert & Pliscoff (2006) para Chile. A pesar de ello, las investigaciones más recientes no hacen más que demostrar que aún falta mucho por conocer, puesto que los Andes Centrales son uno de los centros de biodiversidad más importantes del planeta, pero aún muestran enormes vacíos de información (Beck 2001, Kessler 2003). En este sentido es deseable y urgente potenciar la investigación de detalle en regiones aún poco

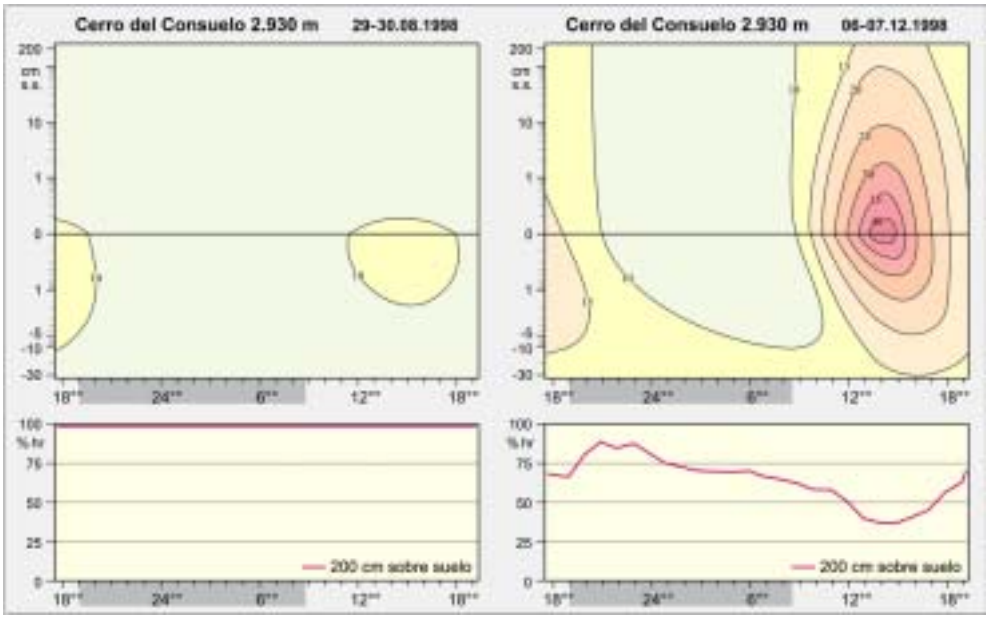


Fig. 15: Diagrama de termo-isolíneas y humedad relativa del aire a partir de mediciones diarias con lluvia (situación normal) y tiempo despejado (situación particular) en un lugar de la Cordillera Real en agosto y diciembre 1998 (escala logarítmica para los centímetros sobre y bajo la superficie del suelo).

exploradas como el sur de Bolivia y el norte del Perú. Sólo recientemente el sector de la depresión de Huancabamba ha empezado a ser explorado más intensamente, arrojando interesantes novedades botánicas y biogeográficas para las familias Campanulaceae (Ayers 1999), Loasaceae, Passifloraceae, Grossulariaceae, Urticaceae (Weigend 2004, Weigend *et al*. 2005) y Calceolariaceae (Andersson 2006). Ello ha permitido fundamentar con mayores antecentes la importancia de la zona como un centro de diversidad florística, tanto a escala continental (Young & Reynel 1997) como global (Mutke & Barthlott 2005). En la medida que se favorezca la investigación en el norte del Perú y el sur de Bolivia, es esperable también el descubrimiento de interesantes fenómenos climáticos y vegetacionales, estrechamente ligados a la riqueza biológica de esta singular y aún poco conocida zona del planeta.

Agradecimientos

Varios aspectos del trabajo han sido desarrollados en el marco del proyecto "Funcionalidad de un bosque tropical lluvioso montañoso del sur de Ecuador: El ecosistema con su biodiversidad, sus procesos dinámicos y el uso potencial del mismo" (<http://www.bergregenwald.de/>). Paul Emck y Michael Richter agradecen a la DFG (Fundación Alemana de Investigación) por el generoso apoyo financiero. Andrés Moreira-Muñoz agradece el apoyo del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD). Sergio Moreira prestó una ayuda fundamental en la traducción del manuscrito original. Se agradece especialmente a Mónica Moraes por la invitación a escribir el presente capítulo.

Referencias

Andersson, S. 2006. On the phylogeny of the genus *Calceolaria* (Calceolariaceae) as inferred from ITS and plastid matK sequences. Taxon 55(1):125-137.

Ayers, T. 1999. Biogeography of *Lysipomia* (Campanulaceae), a high elevation endemic: An illustration of species richness at the Huancabamba Depression, Peru. Arnaldoa 6: 13-28.

Beck, S. G. 2001. Floristic inventory of Bolivia – An indispensable contribution to sustainable development. En: Barthlott, W. & M. Winiger (eds.) Biodiversity – A Challenge for Development Research and Policy. Edit. Springer Berlin, Heidelberg. Pp. 243-267.

Bendix, J. & W.Lauer. 1992. Die Niederschlagsjahreszeiten in Ecuador und ihre klimadynamische Interpretation. Erdkunde 46: 118-134.

Czajka, W. 1968. Los perfiles vegetales de las cordilleras entre Alaska y Tierra del Fuego. Coll. Geogr. 9: 117-121.

Diels, L. 1937. Beiträge zur Kenntnis der Vegetation und Flora von Ecuador. Edit. E. Schweizenbart, Stuttgart, 190 p.

Emck, P. 2006. A climatology of South Ecuador. Tesis PhD Universidad de Erlangen. 272 pp.

Endlicher, W., Habbe K.A. & H. Pinzner. 1990. Zum El Niño-Southern Oscillation-Ereignis und seinen Auswirkungen im peruanischen Küstengebiet. Mitt. D. Fränkischen Geograph. Gesellschaft 35/36: 175-201.

Graf, K. 1986. Klima und Vegetationsgeographie der Anden. Physische Geographie vol. 19. Zürich. 147 p.

Herzog. T. 1923. Die Pflanzenwelt der bolivianischen Anden und ihres östlichen Vorlandes. Serie Vegetation der Erde, Engler, A. & O. Drude (eds.). Edit. W. Engelmann, Leipzig, vol. 15, 258 p.

Hoffmann, J.A.J. 1992. Das kontinentale Luftdruck- und Niederschlagsregime Südamerikas. Erdkunde 46: 40-51.

Holmgren, C.A., Betancourt J.L., Aasen Rylander K., Roque J., Tovar O., Zeballos H., Linares E. & J. Quade. 2001. Holocene vegetation history from fossil rodent middens near Arequipa, Peru. Quarternary Research 56: 242-251.

Jacobeit, J. 1992. Die großräumige Höhenströmung in der Hauptregenzeit feuchter und trockener Jahre über dem südamerikanischen Altiplano. Meteorologische Zeitschrift 1: 276-284.

Kessler, M. 2003. Biodiversitätsforschung am Beispiel der Pflanzenwelt der bolivianischen Anden.

Pp. 127-136 En: Gradstein, S.R., R. Willmann & G. Zizka (eds.) Biodiversitätsforschung – Die Entschlüsselung der Artenvielfalt in Raum und Zeit. Kleine Senckenberg Reihe 45, Stuttgart.

Kistemann, Th. & W. Lauer. 1990. Lokale Windsysteme in der Charazani-Talung. Erdkunde 44: 46-59.

Kreuels, R., Fraedrich K. & E. Ruprecht. 1975. An aerological climatology of South America. Meteorologische Rundschau 28: 17-24.

Lauer, W. 1975. Vom Wesen der Tropen. Klimaökologische Studien zum Inhalt und zur Abgrenzung eines irdischen Landschaftsgürtels. Abh. Math.-Nat. Kl./ Akad. Wissensch. u. Lit. 3. Mainz.

Lauer, W. 1976. Zur hygrischen Höhenstufung tropischer Gebirge. Biogeographica 7: 162-182.

Lenters, J.D. & K.H. Cook. 1997. On the origin of the Bolivian high and related circulation features of the South American climate. Journal of the Atmospheric Sciences 54: 656–677.

Luebert, F. & P. Pliscoff. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. 316 p.

Miller, A. 1976. The climate of Chile. En: Schwerdtfeger W. (ed.) Climates of Central and South America. World Survey of Climatology 12: 113-145.

Monheim, F. 1985. Carl Troll – Tagebücher der Reisen in Bolivien 1926 / 27. Erdwiss. Forschung vol. 19. Edit. F. Steiner Verlag, Stuttgart, 390 p.

Mutke, J. & W. Barthlott. 2005. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. Biol. Skr. 55: 521-531.

Navarro, G. & M. Maldonado. 2002. Geografía ecológica de Bolivia – Vegetación y ambientes acuáticos. Edit. Centro de Ecología Simón I. Patiño, Cochabamba. 719 p.

Philippi, R.A. 1860. Die Reise durch die Wüste Atacama auf Befehl der chilenischen Regierung im Sommer 1853-1854. Verlag Anton, Halle. 254 p.

Rauh, W. 1978. Die Wuchs- und Lebensformen der tropischen Hochgebirgsregionen und der Subantarktis – ein Vergleich. En: Troll C. y Lauer W. (eds.): Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen. Erdwiss. Forschung 11: 62-92.

Richter, M. & A. Moreira-Muñoz. 2005. Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. Revista Peruana de Biología 12(2): 217- 238.

Richter, M. & D. Schmidt. 2002. Cordillera de la Atacama - das trockenste Hochgebirge der Welt. Petermanns Geographische Mitteilungen 146: 48-57.

Richter, M. & W. Lauer. 1987. Pflanzenmorphologische Merkmale der hygrischen Klimavielfalt in der Ost-Kordillere Boliviens. Aachener Geographische Arbeiten 19: 71-108.

Richter, M. 1981. Klimagegensätze in Südperu und ihre Auswirkungen auf die Vegetation. Erdkunde 35: 12-30.

Richter, M. 1996. Klimatologische und pflanzenmorphologische Vertikalgradienten in Hochgebirgen. Erdkunde 50: 205-237.

Richter, M. 2001. Vegetationszonen der Erde. Edit. Klett- Perthes, Gotha y Stuttgart. 448 p.

Richter, M. 2003. Using epiphytes and soil temperatures for eco-climatic interpretations in Southern Ecuador. Erdkunde 57: 161-181.

Schmidt, D. 1999. Das Extremklima der nordchilenischen Hochatacama unter besonderer Berücksichtigung der Höhengradienten. Dresdener Geographische Beiträge, Heft 4. 122 p.

Schmiedecken, W. 1978. Die Bestimmung der Humidität und ihre Abstufung mit Hilfe von Wasserhaushaltsberechnungen – ein Modell (mit Beispielen aus Nigeria). Coll. Geogr. 13: 135-159.

Schwerdtfeger, W. 1961. Strömungs- und Temperaturfelder freien Atmosphäre über den Anden. Meteorologische Rundschau 14: 1-6.

Trewartha, G.T. 1961. The earth´s problem climates. The University of Wisconsin Press, Madison. 334 p.

Troll, C. & K.H. Paffen. 1964. Karte der Jahreszeiten-Klimate der Erde. Erdkunde 18: 5-28.

Troll, C. 1959. Die tropischen Gebirge. Bonner Geogr. Abh. 25: 1-93.

Weberbauer, A. 1911. Pflanzenwelt der peruanischen Anden. Serie Vegetation der Erde, Engler, A. & O. Drude (eds.). Edit. W. Engelmann, Leipzig 12: 1-355.

Weigend, M. 2004. Additional observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba

zone in Northern Peru: Defining the South-Eastern limits. Revista Peruana de Biología 11(2): 127-134.

Weigend, M., Cano, A. & E.F. Rodríguez. 2005. New species and new records of the flora in Amotape-Huancabamba Zone: Endemics and biogeographic limits. Revista Peruana de Biología 12(2): 249–274.

Weischet, W. 1996. Regionale Klimatologie Teil 1: Die Neue Welt. Teubner Studienbücher, Teubner, Stuttgart. 468 p.

Young K.R. & C. Reynel. 1997. Huancabamba Region, Peru and Ecuador. Pp. 465-469 En: Davis S.D., Heywood, V.H., Herrera-MacBryde, O., Villa-Lobos, J. & A.C. Hamilton (eds.) Centres of plant diversity: A guide and strategy for their conservation, 3: North America, Middle America, South America, Caribbean Islands. IUCN, Gland.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 37-50.

Riqueza de plantas vasculares

Peter M. Jørgensen[1,3], Carmen Ulloa[1,4] & Carla Maldonado[2]

[1]Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, MO 63166-0299, USA,
[2] Herbario Nacional de Bolivia, Cota Cota, calle 27 s/n, Casilla 10077 - Correo Central La Paz, Bolivia,
email: carla_bmg@yahoo.com
[3]email: peter.jorgensen@mobot.org Autor de correspondencia, [4]carmen.ulloa@mobot.org

Abstract

Vascular plant diversity (excluding pteridophytes) was analyzed for the countries of Ecuador, Peru, and Bolivia from information available in TROPICOS. A total of 34,286 species were registered for the three countries, distributed in 256 families and 3,309 genera. Peru is the most diverse of the three countries. Orchidaceae, Asteraceae and Fabaceae were the three most diverse families of the region. *Piper*, *Peperomia* (Piperaceae), *Epidendrum*, *Pleurothallis* (Orchidaceae), *Solanum* (Solanaceae), and *Miconia* (Melastomataceae) among others, appear as the genera with the highest number of species in the region. A total of 2,864 species, 972 genera and 11 families are shared between the three countries, whereas two families were registered as unique for Ecuador, seven for Peru, and another two for Bolivia. A rarefaction analysis showed that Ecuador has a higher ratio of species per genus and fewer genera than expected by chance, supposedly more recent changes, whereas Bolivia has a lower ratio and more genera considered an older diversification.
Key words: Plant diversity, Ecuador, Peru, Bolivia, Rarefaction.

Resumen

Se analizó la diversidad de plantas vasculares (excepto pteridófitos) en los países de Ecuador, Perú y Bolivia a partir de información registrada en TROPICOS. Se registró un total de 34.286 especies en los tres países, distribuidas en 256 familias y 3.309 géneros. Perú es el más diverso de los tres países en estudio. Orchidaceae, Asteraceae y Fabaceae fueron las tres familias más diversas de la región. *Piper*, *Peperomia* (Piperaceae), *Epidendrum*, *Pleurothallis* (Orchidaceae), *Solanum* (Solanaceae) y *Miconia* (Melastomataceae) entre otros, figuran entre los géneros con mayor número de especies en la región. Un total de 2.864 especies, 972 géneros y 11 familias resultaron compartidos entre los tres países, mientras que como únicas, se registraron dos familias para Ecuador, siete para Perú y otras dos para Bolivia. Un análisis de rarefacción mostró que Ecuador tiene una mayor proporción de especies por género y menos géneros que lo esperado –supuestamente por cambios más recientes– mientras que Bolivia tiene una menor relación y más géneros considerados como dentro una diversificación más antigua.
Palabras claves: Diversidad florística, Ecuador, Perú, Bolivia, Rarefacción.

Introducción

Se estima que alrededor del 25% de la diversidad biológica a nivel mundial se encuentra en la región andina; los países que comprenden esta región son considerados como los más diversos y ricos en especies animales y vegetales del mundo (Mittermeir *et al.* 1997, Myers *et al.* 2000). La gran variabilidad ecológica de los países andinos se debe a la ubicación intertropical, combinada con la presencia de la Cordillera de los Andes que define un gradiente altitudinal y constituye una barrera importante que cruza todos los países y los divide en ámbitos ecológicos de gran variedad.

En el marco del contexto de este libro, este capítulo se limita a analizar la diversidad florística de los países de Ecuador, Perú y Bolivia. Ecuador cubre un área de 283.791 km^2, Perú 1.286.262 km^2

y Bolivia 1.099.470 km^2 (Population Reference Bureau 2005). Los países son similares en topografía. Ecuador se divide tradicionalmente en cuatro regiones naturales, las islas Galápagos, la costa, sierra y oriente (o Amazonía). Perú también puede dividirse en costa, sierra –incluyendo al Altiplano– y Amazonía, mientras que Bolivia presenta tres regiones: montañosa –que también incluye al Altiplano– las tierras bajas amazónicas y chaqueñas y finalmente las colinas precámbricas. La variación del clima y la topografía, combinada con factores edáficos y diferencias en historia geológica, crean una serie de hábitats, cada uno con elementos florísticos distintos. Este artículo resume nuestro conocimiento de la composición florística en esta área a gran escala, poniendo énfasis en las diferencias y similitudes a nivel de familias y géneros.

Metodología

Para el análisis de la diversidad florística, se elaboró una base de datos de las especies de plantas vasculares para los países de Ecuador (sobre la base de Jørgensen & León-Yánez 1999 y Ulloa Ulloa & Neill 2005), Perú (sobre la base de Brako & Zarucchi 1993 y Ulloa Ulloa *et al.* 2004) y Bolivia (Jørgensen *et al.* en preparación) a partir de una lista (exceptuando a pteridófitos) registrada en la base de datos TROPICOS del Missouri Botanical Garden. El análisis de diversidad se realizó a nivel de especie, de manera que uno o más taxones infraespecíficos se contaron como una especie. No se tomaron en cuenta a los híbridos ni especies introducidas o cultivadas. También se eliminaron a especies citadas en las referencias anteriores, cuyos nombres no concordaron con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Greuter *et al.* 2000). A pesar de que estas publicaciones han sido elaboradas bajo criterios similares y sobre la misma base de datos, ha habido una evolución en cuanto a la mejora de la calidad de datos tanto taxonómicos así como de la identificación de los ejemplares. Por otro lado, la cantidad de colectas disponible para estos proyectos refleja en parte los diferentes niveles de exploración de estos países. Por ejemplo, para Ecuador se han registrado casi el doble de especímenes que para Perú y Bolivia, países tres veces más grandes.

Para todo el análisis hay que anotar que los datos de Bolivia son aún preliminares e incompletos. El sistema de clasificación de las angiospermas usado se basa en Stevens (2001), aunque hay géneros aun no incluidos dentro de esa clasificación para los cuales se mantuvo con la clasificación de Cronquist (1981, 1988).

Para hacer una evaluación del ritmo de descubrimiento de las especies presentes en el área usamos el año de publicación para cada especie. Si la especie en cuestión era una combinación, se tomó el año de publicación de su basiónimo y para nombres nuevos también se usó el año de publicación del nombre reemplazado. De esta manera, nuestro análisis se enfoca en el descubrimiento de las especies y no en los arreglos nomenclaturales posteriores.

Se estableció una matriz de datos con la presencia o ausencia de las especies en cada uno de los países del estudio, donde se pudo encontrar fácilmente taxones compartidos y únicos entre los tres países. Se usaron los programas Excel y Access para el análisis de los resultados. La rarefacción fue elaborada con el uso de EcoSim con 1.000 repeticiones (Gotelli & Entsminger 2001) y para los índices de similaridad se usó EstimateS (Colwell 2005). El índice de Sørensen se define como $S_s = 2c/(a+b)$, donde c = número de especies en común entre área A y B, a = número de especies encontradas en área A y b = número de especies encontradas en área B. El índice de Jaccard se define como $S_j = c/(c+a+b)$, donde a = número de especies en común entre área A y B, a = número de especies únicas en el área A y b = número de especies únicas en el área B.

Antecedentes históricos

De las numerosas expediciones y proyectos botánicos que se han realizado en los Andes, algunos han marcado hitos en cuanto a descubrimientos de plantas nuevas para la ciencia. A continuación presentamos una reseña de los acontecimientos más sobresalientes en la historia de la botánica de esta región basada en Weberbauer (1945), Brako & Zarucchi (1993), Funk & Mori (1989) y Jørgensen & León-Yánez (1999) (véanse también esas publicaciones para mayores detalles y referencias adicionales). La figura 1 presenta la relación entre el número de especies cumulativas y los años de publicación para los tres países con indicaciones de la influencia de las mayores publicaciones.

Probablemente el primer botánico que colectó plantas en el área de estudio con propósitos científicos fue el francés Joseph de Jussieu, quien llegó al Ecuador como miembro de la Expedición Geodésica Francesa entre 1735 y 1743. Jussieu prosiguió su trabajo por unos años en Bolivia y Perú, para luego permanecer en América del Sur hasta 1771. Hasta ese entonces, la documentación sobre plantas americanas había sido publicada dentro de las obras generales de Linnaeus (1753, 1759), Jacquin (1760) y Swartz (1788). En 1775, Aublet publicó la historia de las plantas de Guayana Francesa, siendo uno de los primeros libros exclusivos de plantas sudamericanas (Figura 1).

En 1777, el botánico español Hipólito Ruiz (1754–1816) se embarcaría en una de las expediciones botánicas más intensas ordenadas por el Rey Carlos III. Acompañado del botánico José Pavón, permaneció en Perú hasta 1784 y luego en Chile hasta 1788. De regreso a España, publicaron la *Florae Peruviana et Chilensis Prodromus* (1794) con descripciones de los nuevos géneros descubiertos y entre 1798 y 1802 los tres tomos de la monumental *Flora Peruviana et Chilensis* con un sinnúmero de especies nuevas que claramente se refleja en la figura 1; las colecciones se encuentran en Madrid.

A principios del siglo XIX llegaron el célebre científico alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) y el botánico francés Aimé Bonpland (1773-1858). Estuvieron en el Ecuador (enero-julio 1802, enero-febrero 1803) y en Perú (agosto-diciembre 1802). Sus colecciones depositadas en París y Berlín condujeron a la publicación de numerosos taxones nuevos descritos por Carl Kunth en la obra *Nova Genera et Species Plantarum* (Humboldt *et al.* 1815-1825). Bonpland además compuso las *Plantae aequinoctiales* (Humboldt & Bonpland 1808-1809); véase el notorio incremento en este periodo en la figura 1.

Un poco más tarde, otra publicación que aumenta el número de especies es *Reliquiae Hankeanae* (Presl 1825-1835) con las especies nuevas recolectadas por el checo Tadeo Haenke (1761-1816) en la expedición alrededor del mundo (1789-1794) de Alejandro Malaspina. Las colecciones se encuentran en Praga (divididas entre PR y PRC). El alemán Eduard Friedrich Poeppig (1798-1868) fue un insaciable colector durante sus viajes en América entre 1822 y 1832. Llegó a la costa peruana en 1829 e inmediatamente se desplazó a la sierra, donde estuvo nueve meses. Al año siguiente, bajó por el Amazonas y llegó hasta Brasil. Las especies nuevas fueron descritas junto con S. Endlicher en tres tomos de *Nova genera ac species plantarum* (1835-1845). Las colecciones peruanas se encuentran depositadas en Viena (W).

El inglés Karl Theodor Hartweg (1812-1871) estuvo en Ecuador y Perú entre 1841 y 1842. Las descripciones de todas las especies que él descubrió las hizo George Bentham en *Plantae Hartwegianae* (1839-1857).

Hugh Wedell fue un notable botánico inglés quien estuvo en Bolivia y Perú entre 1845 y 1847, luego de vuelta en 1851. Su mayor contribución fue *Chloris andina* (1855-1857), que se podría considerar como la primera flora altoandina y una de las obras más importantes de la flora sudamericana. Sus colecciones se encuentran en París. La obra magna del alemán Carl F. P. von Martius y colaboradores en la *Flora Brasiliensis*

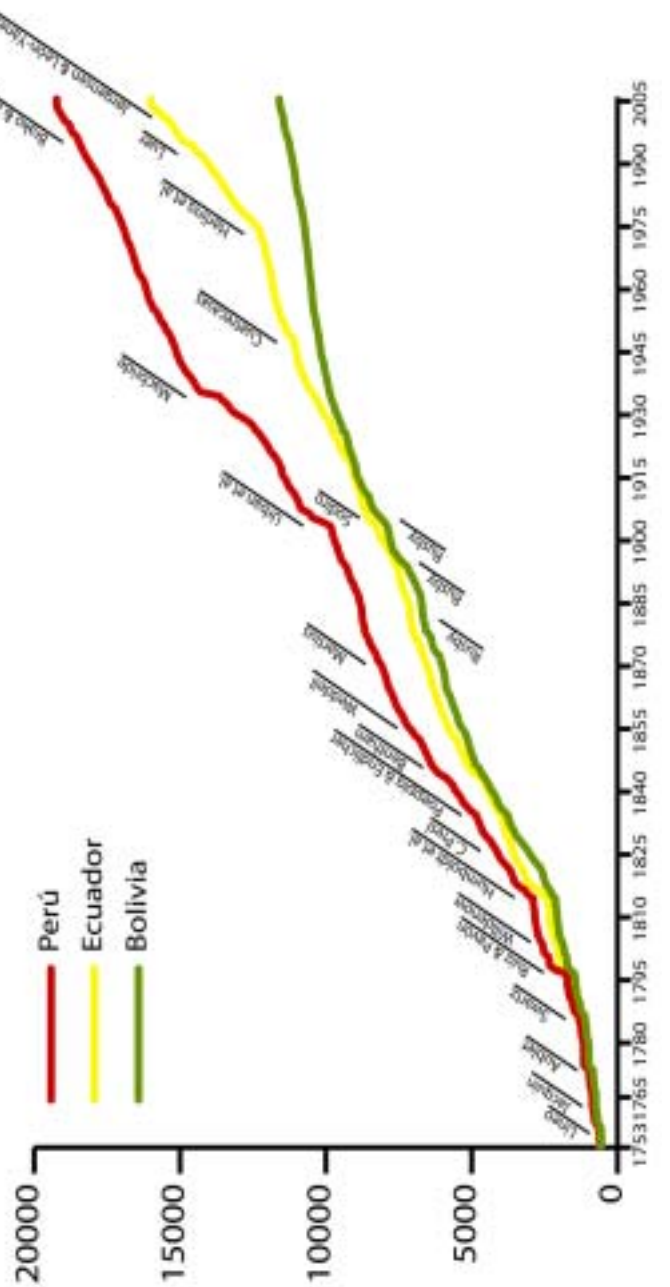


Fig. 1: Relación entre el número de especies acumuladas versus el año de publicación para los tres países del estudio. La influencia de las mayores publicaciones se indica en cada caso.

(1840-1906) tuvo gran impacto en cuanto a plantas descritas de la región con incrementos graduales a medida de la publicación de los tomos.

Un botánico de gran importancia para el conocimiento de la flora ecuatoriana es el sacerdote italiano Luis Sodiro (1836-1909), quien vivió en el Ecuador desde 1870 hasta su muerte. Su herbario privado en Quito (QPLS) contiene aproximadamente 20.000 colecciones. Él mismo describiría un sinnúmero de especies (Sodiro 1900-1906). Henry H. Rusby (1855-1940) colectó en Bolivia entre 1885-1887 y 1921-1922. De sus colecciones surgió un sinnúmero de especies nuevas descritas por él mismo (Rusby 1898–1902) y por otros botánicos, especialmente por Britton (1889–1893).

Durante el siglo XX, el aumento de descubrimientos de plantas dramáticamente siguió incrementándose. En el espacio limitado que se dispone aquí no es práctico mencionar a todos los botánicos nacionales e internacionales, quienes han jugado un papel en el descubrimiento de las especies y entendimiento de la flora de estos tres países, pero sí procederemos a sintetizar una lista seleccionada. A continuación se enfatiza en las publicaciones con un número considerable de nuevas especies que se refleja en la figura 1. En Perú este siglo se inicia con la llegada del inminente científico alemán August Weberbauer (1871-1948), quien residió en ese país desde 1908 hasta su muerte. Un sinnúmero de sus colecciones resultaron ser nuevas y fueron descritas por varios botánicos (Urban 1905-1908), escalando en forma abrupta el número de especies descubiertas en ese país (Figura 1). Lastimosamente sus colecciones, así como miles de importantísimos tipos, depositados en Berlín se perdieron mayormente en el incendio del herbario durante la segunda guerra mundial; si bien algunos duplicados se han encontrado en otras instituciones. Desde mediados del siglo, especialistas en familias diversas publicaron novedades andinas, como por ejemplo en Asteraceae (Cuatrecasas 1951, 1964), Melastomataceae (Wurdack 1967 a-b, 1972 a-c, 1981), Piperaceae (Trelease 1936) y en especial Orchidaceae (p.e. Luer 1981, 1996 a, b).

Otro salto vertiginoso para la documentación de la flora peruana es la producción de la monumental obra del estadounidense Francis MacBride - *Flora of Peru* - proyecto que fue realizado con varios colaboradores al cual le dedicó más de 30 años [1936-1971]. La urgencia de tener un listado completo de las plantas peruanas condujo a la publicación del *Catálogo de angiospermas y gimnospermas de Perú* (Brako & Zarucchi 1993), que reúne la información actualizada de la flora de ese país. El Libro Rojo de las plantas endémicas se publicará este año (León *et al.* en prensa).

En 1973 aparece el primer fascículo de la moderna *Flora of Ecuador*, proyecto impulsado por el sueco Gunnar Harling con la colaboración de especialistas de todo el mundo, que hoy en día lleva 77 fascículos publicados (Harling & Sparre 1973-1986, Harling & Andersson 1986-2006). El *Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador* (Jørgensen & León-Yánez 1999) reúne por primera vez el conocimiento sintetizado completo de la flora de ese país tan diverso. La evaluación de las plantas endémicas de ese país se publicó en el 2000 (Valencia *et al.* 2000).

El número de especies y registros nuevos para Ecuador y Perú desde la publicación de sus respectivos catálogos sigue aumentando a paso acelerado (Ulloa Ulloa *et al.* 2004, Ulloa Ulloa & Neill 2005), en especial en orquídeas (Bennett & Christenson 2001, Hágsater 2001, 2004, Luer 2002, 2004).

La flora de Bolivia es la menos conocida de los tres países, pese a la visita de un gran número de botánicos. En 1907, Rusby publicó las plantas recolectadas por Miguel Bang (1853-1895), quién vivió en Bolivia desde 1883 hasta su muerte. Rusby lideró la expedición Mulford a la Amazonía boliviana entre 1921-1922 (Rusby 1927). En 1958 R. C. Foster publicó un listado que se usaría como una de las referencias más relevantes del siglo. La carencia de un listado actualizado de las plantas vasculares de Bolivia

sirvió de propuesta para emprender a partir del 2000 la preparación de un *Catálogo* moderno comparable al de los países vecinos y que está en preparación (Jørgensen *et al.* en prep.).

Resultados y discusión

El número de especies encontradas en Ecuador, Perú y Bolivia es de 34.286 especies distribuidas en 256 familias y 3.309 géneros. El mayor número de especies (así como de familias y géneros) se ha registrado en Perú (19.232 especies), seguido de Ecuador (16.006) y finalmente Bolivia (11.598) (Tabla 1).

Familias

Orchidaceae (con 5.027 especies), Asteraceae (3.155) y Fabaceae (1.771) son las familias que contienen más especies en la región (Tabla 2). Hay una ligera variación entre los países en cuanto al orden de las familias más ricas en especies. Es de esperar que la familia Orchidaceae resultará ser la más numerosa una vez completado el listado para Bolivia y su única competidora debería ser Asteraceae, familia que tiende a ser más diversa hacia el sur. Rubiaceae es más diversa en Ecuador (sobre todo si se toma en cuenta el área reducida del país), que en Perú y Bolivia y pierde su posición como la tercera más rica en especies. Al contrario, las Fabaceae y Poaceae aumentan en número de especies hacia el sur (Tabla 2). El número de especies por familia y por país demuestra la tendencia de tener más especies en Perú que en Ecuador, probablemente debido a un efecto del área y a un decremento hacia el sur en Bolivia, probablemente como consecuencias climáticas de su posición latitudinal.

La familia más diversa en Ecuador es Orchidaceae. Esta predominancia parece deberse principalmente a la intensidad de estudios realizados para esta familia en este país. Por otro lado, esta gran diversidad representa a las condiciones climáticas y ambientales favorables existentes en los ecosistemas tropicales de Ecuador, mientras que, hacia el sur hacia donde comienzan a predominar ecosistemas andinos con climas más fríos y áridos se reduce la diversidad de familias como Orchidaceae, Rubiaceae, Melastomataceae, pero aumentan en otras como Asteraceae, Fabaceae y Poaceae. Para Ecuador, las diez familias más diversas contienen el 45% de los géneros y el 58% de las especies, para Perú los mismos porcentajes son 44% y 51%, para Bolivia 45% y 53%, mientras que para los tres países en total es 44% y 56%. Por otro lado, el 60%, 54%, 63% y 48% de las familias tienen menos que 20 especies en cada país y en total respectivamente.

Géneros

La tendencia general en las familias más diversas, con excepción de Malvaceae y Orchidaceae, es que hay más géneros hacia el sur (Tabla 2). Si en lo general los géneros reflejan a la filogenia, esta observación podría estar correlacionada con la edad de los Andes (véase también rarefacción), los cuales son más antiguos en Bolivia que en Ecuador.

Las familias con mayor número de especies son también las familias con mayor número de géneros; excepciones a esta tendencia son Piperaceae con un número muy reducido de géneros y en menor grado Bromeliaceae y Araceae; buena parte de estas tres familias son epífitas. Las Malvaceae y Euphorbiaceae tienen un número relativamente elevado de géneros, mientras que a nivel de especies es ligeramente menor. Entre los géneros con mayor número de especies figuran *Piper*, *Peperomia* (Piperaceae), *Epidendrum*, *Pleurothallis* (Orchidaceae), *Solanum* (Solanaceae) y *Miconia* (Melastomataceae) entre otros (Tabla 3). El patrón de importancia para los géneros y entre los países es mucho más complejo. Varios géneros, como por ejemplo *Piper*, *Peperomia*, *Miconia*, *Solanum*, *Senecio*, *Psychotria*, *Lupinus* e

Tabla 1: Número de familias, géneros y especies registradas para Ecuador, Perú y Bolivia.

	Familias	Géneros	Especies
Bolivia	213	2.119	11.598
Ecuador	238	2.302	16.006
Perú	242	2.635	19.232
Los tres países	256	3.309	34.28

inclusive *Tillandsia*, tienen un máximo de riqueza en Perú y menor número de especies tanto en Ecuador (por área) y Bolivia (más seco y más al sur). Otros géneros, como por ejemplo las orquídeas *Epidendrum*, *Pleurothallis*, *Stelis*, *Masdevallia* y hasta cierto punto también *Lepanthes* muestran mayor número de especies en Ecuador menos en Perú y aún menos en Bolivia (aunque todavía la lista es incompleta para Bolivia). A este grupo de epífitas, se agrega también *Anthurium* que muestra un patrón similar (Tabla 3). Los porcentajes de géneros con menos de 20 especies son 94%, 93%, 95% y 89% para Ecuador, Perú, Bolivia y los tres países, respectivamente.

Taxones compartidos y similaridad

En total se registraron 2.864 especies compartidas entre los tres países, 6.822 se encontraron en dos países y 24.600 en los tres países. A nivel genérico y de familias, los números fueron 972, 927 y 1410; 11, 33 y 202. En la figura 2 se ve claramente que hay gran similaridad a nivel de familias entre las floras de los países con valores de Jaccard por encima de 0.82 y de Sørensen por encima de 0.90. Los valores de géneros compartidos entre los países son de 1.480 (entre Ecuador y Bolivia), 1.675 (entre Bolivia y Perú) y 2.002 (entre Ecuador y Perú). Los valores de Jaccard y de Sørensen son entre 0.50-0.68, 0.67-0.81, respectivamente (Figura 2). Perú y Ecuador comparten 7.180 especies, Perú y Bolivia 4.886, mientras que Ecuador y Bolivia solamente 3.348. Los índices de similaridad se ven en la figura 2. Es notable que la similaridad de especies sea mayor entre Ecuador y Perú que entre Perú y Bolivia y la similaridad disminuye según el nivel taxonómico.

Familias únicas

En Ecuador solo dos familias se registraron como únicas (es decir que no se encuentran en Perú y Bolivia), estas son Goodeniaceae y Pellicieraceae ambas asociadas con manglares las cuales casi no existen en Perú ni en Bolivia. Para Perú, fueron registradas siete familias únicas, que son Anisophylleaceae, Goupiaceae, Lepidobotryaceae, Luzuriagaceae, Malesherbiaceae, Martyniaceae y Trigoniaceae. Malesherbiaceae es probablemente la única familia que es improbable encontrar en los otros países por su firme asociación con los desiertos costeros. Algunas de las otras familias se asocian con el centro de la Amazonía o con el noreste de América del Sur, por lo tanto probablemente no se encuentren en los otros países por su posición ligeramente más marginal. Otras familias son más ampliamente distribuidas y muy bien podrían crecer en uno u otro de los otros países. Finalmente para Bolivia solo dos fueron las familias únicas: Ixonanthaceae y Koeberliniaceae. La primera está asociada con el escudo brasileño del Precámbrico y es muy improbable encontrar en Perú o Ecuador. Koeberliniaceae es una familia disyunta entre el norte de México y Bolivia. Para cada país, el número de familias, géneros y especies únicas está reflejado en la tabla 4.

Tabla 2: Las 12 familias más importantes en Ecuador, Perú, Bolivia y total de los tres países con el número de géneros y de especies y su rango de diversidad entre paréntesis. * **Familia incompleta en el listado de Bolivia; tiene un estimado de 1.200 especies en total.**

Familia	Ecuador		Perú		Bolivia		Los tres países	
	No. Géneros	No. Esp.	No. Géneros	No. Esp.	No. Géneros	No. Esp.	No. Géneros	No. Esp.
Orchidaceae	228 (1)	3.630 (1)	215 (2)	2.057 (1)	42 (9)*	399 (6)*	259 (2)	5027 (1)
Asteraceae	218 (2)	966 (2)	255 (1)	1.655 (2)	257 (1)	1377 (1)	347 (1)	3155 (2)
Fabaceae	126 (4)	601 (4)	148 (4)	1.024 (3)	173 (2)	961 (2)	207 (3)	1771 (3)
Poaceae	141 (3)	560 (6)	158 (3)	755 (6)	159 (3)	867 (3)	194 (4)	1405 (4)
Piperaceae	4 (91)	456 (8)	3 (105)	823 (4)	2 (111)	210 (13)	4 (108)	1260 (5)
Rubiaceae	88 (5)	658 (3)	108 (5)	822 (5)	90 (4)	432 (5)	119 (5)	1243 (6)
Melastomataceae	43 (10)	572 (5)	44 (11)	663 (7)	32 (12)	284 (10)	59 (11)	1115 (7)
Solanaceae	34 (12)	368 (10)	45 (10)	614 (8)	43 (7)	456 (4)	56 (12)	1099 (8)
Bromeliaceae	18 (27)	514 (7)	21 (27)	465 (9)	23 (22)	341 (7)	27 (30)	1060 (9)
Malvaceae	69 (6)	256 (12)	77 (6)	441 (10)	60 (5)	311 (9)	93 (6)	708 (10)
Araceae	26 (18)	443 (9)	30 (18)	283 (12)	30 (14)	149 (16)	37 (17)	636 (11)
Euphorbiaceae	43 (9)	221 (15)	53 (8)	285 (11)	50 (6)	335 (8)	64 (9)	577 (12)

Tabla 3: Los 15 géneros más ricos en especies con el número de especies y su rango de diversidad entre paréntesis. *Estos géneros pertenecen a Orchidaceae una familia todavía incompleta en el listado de Bolivia.

Género	Ecuador	Perú	Bolivia	Los tres países
Piper	225 (9)	438 (1)	92 (8)	634 (1)
Peperomia	229 (8)	384 (2)	118 (4)	624 (2)
Epidendrum	443 (1)	251 (5)	3 (691)*	584 (3)
Pleurothallis	429 (2)	148 (11)	127 (3)*	553 (4)
Solanum	189 (11)	299 (3)	260 (1)	550 (5)
Miconia	243 (5)	299 (4)	135 (2)	488 (6)
Stelis	327 (3)	94 (14)	55 (21)*	406 (7)
Lepanthes	313 (4)	46 (57)	61 (16)*	399 (8)
Masdevallia	229 (7)	155 (10)	52 (25)*	385 (9)
Anthurium	236 (6)	93 (16)	39 (38)	296 (10)
Tillandsia	104 (15)	143 (12)	114 (5)	273 (11)
Senecio	11 (289)	199 (6)	113 (6)	273 (12)
Maxillaria	195 (10)	171 (8)	2 (887)*	273 (13)
Psychotria	136 (12)	173 (7)	83 (10)	237 (14)
Lupinus	22 (127)	171 (9)	53 (24)	221 (15)

Bolivia es el país más diverso con 374 géneros únicos registrados, le sigue Perú con 368 y finalmente Ecuador con 230. En Bolivia, las familias más representadas por géneros únicos son Asteraceae (con 58 géneros), Fabaceae (42) y Poaceae (24), hecho que no resulta sorprendente debido a que este país, ubicado más hacia el sur, es mucho más seco y distanciado latitudinalmente de la línea ecuatorial. Por otro lado, en Perú los 368 géneros únicos están representados principalmente por familias como Asteraceae (con 30 géneros), Orchidaceae (30) y Cactaceae (19). Finalmente, en Ecuador las familias más diversas representadas por los 230 géneros únicos registrados son: Orchidaceae (con 43 géneros), Asteraceae (con 22) y Poaceae (con 11).

Rarefacción

El uso de la rarefacción permite hacer comparaciones sobre la diversidad de familias y géneros entre los tres países, que es independiente a la comparación del número de especies o géneros presentes. A pesar de usar esta técnica, las diferencias entre las curvas no son muy marcadas, particularmente entre las relaciones familias-géneros y familias-especies. Esto significa que las diferencias de diversidad de familias y géneros entre los países son menores y que las conclusiones marcan leves tendencias e hipótesis que aun necesitan ser corroboradas.

La rarefacción de la relación entre el número de familias y géneros (Figura 3A) ilustra que Ecuador es el único país que se ubica por encima del 95% de nivel de confianza. Esto indica que Ecuador tiene menos géneros por familia que Perú y Bolivia. Los otros dos países se encuentran dentro las líneas de nivel de confianza del total de los tres países. Es decir, que el número de géneros y familias en Perú y Bolivia no es diferente de una composición al azar sacada de todas las familias y géneros.

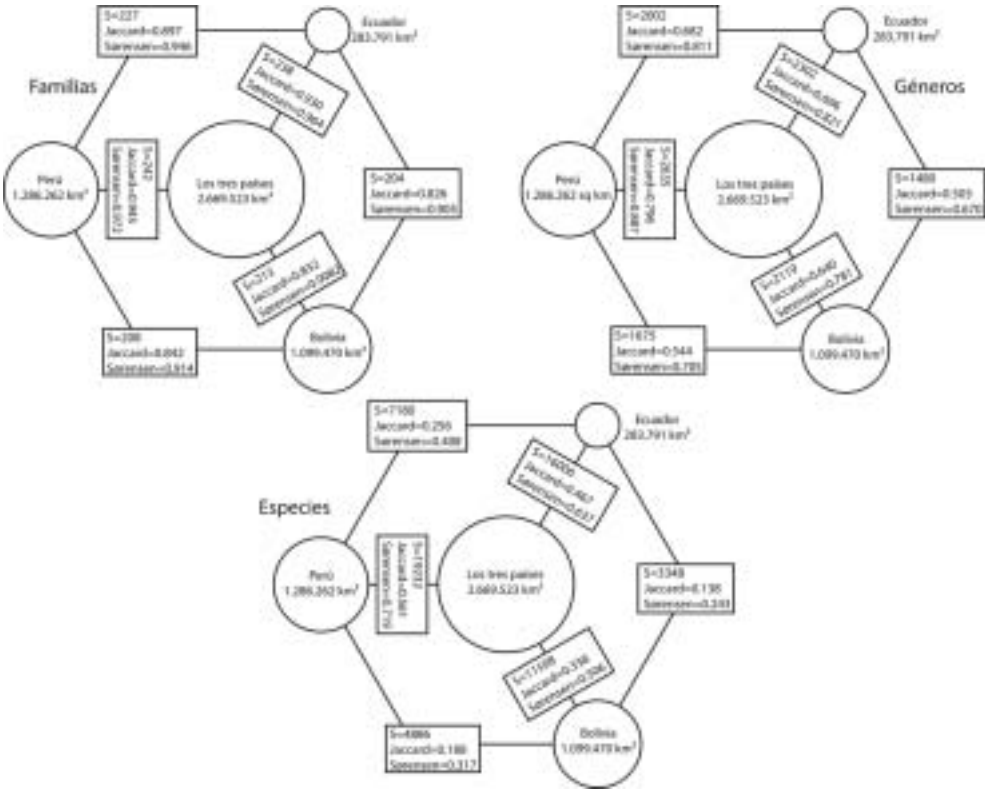


Fig. 2: Índice de similaridad entre Ecuador, Perú y Bolivia para familias, géneros y especies.

Las curvas de rarefacción de las relaciones entre número de géneros y especies (Figura 3C) indica que Ecuador tiene más especies por género que los otros países, siendo además el único país que difiere del patrón aleatorio. No es sorprendente este resultado con el alto número de géneros diversos, especialmente en las orquídeas.

Al comparar las familias y especies (Figura 3B), se puede anotar – si es que hay alguna tendencia – que Bolivia tiene familias más diversas que en los otros países. Es probable que esta tendencia sea real, aunque la lista de Bolivia está todavía incompleta y faltan algunas familias, pero para las familias faltantes también faltan sus especies.

Viendo estos resultados en una forma evolutiva, parece ser que Ecuador experimentó un incremento de especies (sea por especiación, inmigración o menor grado de extinción) más reciente que en Perú y Bolivia, cuando consideramos las relaciones entre familias-géneros y géneros-especies. Se podría pensar que esta diferencia se basa en la gran importancia que tienen los Andes para la diversidad y la edad de los mismos que es considerablemente más reciente en Ecuador que en Perú y Bolivia (Gregory-Wodzicki 2000). Por otro lado, Bolivia aunque contiene menos familias, éstas han logrado incrementarse en diversidad más a nivel genérico y de especies que en los otros países y parece ser un incremento de diversidad más antigua, debido al nivel taxonómico donde ha sido detectado.

Los inventarios recientes de la diversidad en la compleja región andina resaltan a ésta como una de las más diversas del Neotrópico (Brako & Zarucchi 1993, Jørgensen & León-Yánez 1999,

Tabla 4: Número de familias, géneros y especies únicos para Ecuador, Perú y Bolivia.

	Familias	Géneros	Especies
Ecuador	2	230	8.342
Perú	7	368	10.030
Bolivia	2	374	6.228

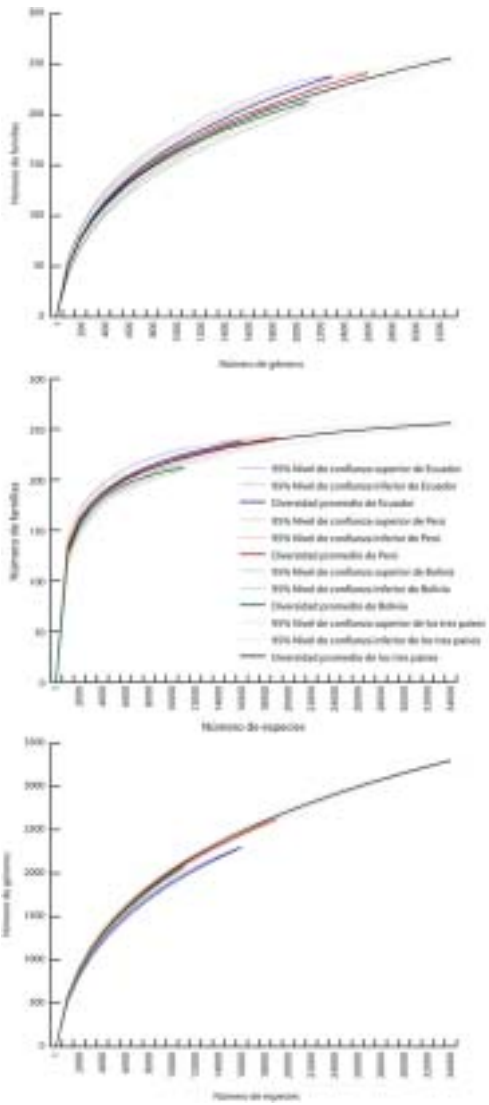


Fig. 3: Curvas de rarefacción que comparan la diversidad de familias y géneros entre Ecuador, Perú y Bolivia.

Young *et al*. 2002, Ulloa Ulloa *et al*. 2004, Ulloa Ulloa & Neill 2005). Con más de 34.000 especies registradas para los tres países y buenas perspectivas existentes con la terminación del catálogo de Bolivia, este número ascendería hasta 36.000 ó 38.000 especies, confirmándose así la riqueza e importancia de esta área. Las familias más ricas de especies son comparables entre los países, el 54-63% de las familias tiene menos que 20 especies. Las diferencias aumentan cuando se observan niveles taxonómicos inferiores, como de géneros y especies. Parece que el epifitismo juega un papel más importante en Ecuador y Perú que en Bolivia. Más del 93% de los géneros tienen menos de 20 especies. La rarefacción de los datos indica que Ecuador tiene más especies en sus géneros, indicando cambios más recientes en diversidad, mientras Bolivia tiene más especies en sus familias lo que indica cambios de diversidad más antiguos.

Agradecimientos

A Christopher y Sharon Davidson quienes financiaron la estadía de Carla Maldonado en el Missouri Botanical Garden, primordial para la redacción de esta contribución. A Iván Jiménez y Trisha Consiglio por ayuda y consejos sobre rarefacción y su ejecución e interpretación. A Robert Magill por su ayuda con la extracción de datos de TROPICOS.

Referencias

Aublet, F. 1775. Histoire des plantes de la Guiane Françoise. P. F. Didot jeune. París.

Bennett, D. E. & J. R. Christenson. 2001. Icon. Orchid. Peruv. pl. 601-800.

Bentham, G. 1839-1857. Plantae Hartwegianae-imprimis mexicanas adjectis nonnullis Grahamianis enumerat novasque describit. G. Pamplin, Londres.

Brako, L & J. L. Zarucchi. 1993. Catalogue of the flowering plants and Gymnosperms of Peru. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden 45: 1- 1286.

Britton, N. L. 1889-1893. An enumeration of the plants collected by Dr. H. H. Rusby in South America. Bull. Torrey Bot. Club. 16[1889]: 13-20, 61-64, 163-160, 189-192, 259-262, 324-327, 17[1890]: 9-12, 53-60, 91-94, 211-214, 281-284; 18[1891]: 35-38, 107-110, 261-264, 331-334; 19[1892]: 1-4, 148-151, 263-266, 371-374; 20[1893]:117-140.

Colwell, R.K. 2005. *EstimateS:* statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, Nueva York.

Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering Plants. New York Botanical Garden, Bronx, Nueva York.

Cuatrecasas, J. 1951. Contributions to the flora of South America. Studies on Andean Compositae I. Plants III Field. Bot. Mus. Hist. Nat. Chicago 27(2):1-14.

Cuatrecasas, J. 1964. *Gynoxys* (Compositae). Ciencia (Mexico) 23: 146-150.

Foster, R. C. 1958. Catalogue of the ferns and flowering plants of Bolivia. Contrib. Gray Herb. 184: 1-223.

Funk, V. A. & S. A. Mori. 1989. A bibliography of plant collectors in Bolivia. Smithson. Contrib.Bot. 70: 1-20.

Gotelli, N.J. & G.L. Entsminger. 2001. EcoSim: null models software for ecology. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm

Gregory-Wodzicki, K.M. 2000. Uplift history of the central and northern Andes: a review. Geological Society of America Bulletin 112(7): 1091-1105.

Greuter W., J. McNeill, F. R. Barrie, H. M. Burdet, V. Demoulin, T. S. Filgueiras, D. H. Nicolson, P. C. Silva, J. E. Skog, P. Trehane, N. J. Turland & D. L. Hawksworth. 2000. International Code of Botanical Nomenclature (Saint Louis Code). Regnum Veg. 138: 1-474.

Hágsater, E. 2001. The genus *Epidendrum*. Part 3. A third century of new species in *Epidendrum*. Icon. Orchid. (Mexico) 4: 401-500.

Hágsater, E. 2004. The genus *Epidendrum*. Part 4. A fourth century of new species in *Epidendrum*. Icon. Orchid. 7: 701-800.

Harling, G. & B. Sparre. 1973-1986. Flora of Ecuador vols. 1-24. Department of Systematic Botany, University of Göteborg & Section for Botany, Riksmuseeum, Estocolomo.

Harling, G. & L. Andersson. 1986-2006. Flora of Ecuador vols. 25-77. Department of Systematic Botany, University of Göteborg & Section for Botany, Riksmuseeum, Estocolmo.

Humboldt., F. W. H. A. von & A. J. A. Bonpland. 1808-1809. Plantes équinoxiales recueillies au Méxique: dans l'île de Cuba, dans les provinces de Caracas, de Cumana et de Barcelone, aux Andes de la Nouvelle Grenade, de Quito et du Pérou, et sur les bords du rio-Negro de Orénoque et de la rivière des Amazones. F. Schoell, París.

Humboldt., F. W. H. A. von, A. J. A. Bonpland & K. S. Kunth. 1815-1825. Nova genera et species plantarum, vol. I-VII. Typographia D'Hautel, París.

Jacquin, N. J. 1760. Enumeratio systematica plantarum: quas in insulis Caribaeis vicinaque Americes continente detexit nouas, aut iam cognitas emandauit. Theodorum Haak, Leiden.

Jørgensen, P.M. & S. León-Yánez. (eds.). 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: 1-1181.

León, B., J. Roque, C. Ulloa Ulloa, N. Pitman, P.M. Jørgensen & A. Cano (Eds.). 2006 (en prensa). Libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Revista Peruana de Biología, Ed. Especial. Lima.

Linnaeus, C. 1753. Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas. Vol I-II. Laurentii Salvii, Estocolmo.

Linnaeus, C. 1758-1759. Systema naturae per regna tria naturae: secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Laurentii Salvii, Estocolmo.

Luer, C.A. (1981): Miscellaneous new species in the Pleurothallidinae (Orchidaceae). Selbyana 5: 389-396.

Luer, C. A. 1996a. Icones Pleurothallidinarum-XIV. The genus *Lepanthes* subgenus *Lepanthes* in Ecuador (Orchidaceae). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 61(3): 1-255.

Luer, C. A. 1996b. New species of *Pleurothallis* (Orchidaceae) from Ecuador. Lindleyana 11: 141-197.

Luer, C. A. 2002. Icones Pleurothallidinarum XXIV. A first century of new species of *Stelis* of Ecuador. Part one. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 88: 1-86.

Luer, C. A. 2004. Icones Pleurothallidinarum XXVI - A second century of new species of *Stelis* of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 95: 115-200.

Macbride, J. F. 1936-1971. Flora of Peru. Field Museum of Natural History, Botanical Series, vol.13. Chicago.

Martius, C. F. P. von (et succ. eds.) 1840-1906. Flora brasiliensis. vols. 1-15. Munich, Viena, Liepzig.

Mittermeier, R. A., C. G. Mittermeier. & P. Robles Gil. 1997. Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. CEMEX, México, D.F.

Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature: 853-858.

Poeppig, E. F. & I. L. Endlicher (1834-1845). Nova genera ac species plantarum, quas in regno Chilensi Peruviano et in terra Amazonica: annis MDCCCXXVII ad MDCCCXXXII. Leipzig.

Population Reference Bureau 2005. http://www.prb.org/ consultado, 1 Abril 2006.

Presl, C. 1825-1835. Reliquiae Haenkeanae, Seu, Descriptiones Et Icones Plantarum: Quas In America Meridionali et Borealis in insulis Philippinis et Marianis collegit Thaddaeus Haenke, Praga.

Ruiz, H. & J. Pavón. 1794. Florae Peruviane et Chilensis prodromus, sive, Novorum generum plantarum Peruvianarum et Chilensium descriptiones, et icones. Madrid.

Ruiz, H. & J. Pavón. 1798-1802. Flora Peruviana, et Chilensis, sive, Descriptiones, et icones plantarum Peruvianarum, et Chilensium, secundum systema Linnaeanum digestae, cum characteribus plurium generum evulgatorum reformatis. Tomus I-III. Madrid.

Rusby, H. H. 1888-1902. An enumeration of the plants collected by Dr. H. H. Rusby in South America 1885-1886.£Bull. Torrey Bot. Club.

15[1888]: 177-184; 25[1898]: 495-500, 542-545; 26[1899]: 145-152, 189-200; 27[1900]: 22-31, 69-84, 124-137; 28[1901]: 301-313; 29[1902]: 694-704].

Rusby, H. H., 1907. An enumeration of the plants collected by Miguel Bang, IV. Bull. New York Bot. Gard. 4: 309-470.

Rusby, H. H. 1927. Descriptions of new genera and species of plants collected on the Mulford Biological Exploration of the Amazon valley, 1921-1922. Mem. New York Bot. Gard 7: 205-287.

Rusby, H. H. 1907. An enumeration of the plants collected in Bolivia by Miguel Bang. Bull. New York Bot. Gard. 4: 309-470.

Sodiro, L. 1901. Anturios ecuatorianos: Diagnoses previas. Anales de la Universidad Central del Ecuador 15: 1-18.

Sodiro, L. 1902-1903. Anturios ecuatorianos. Anales de la Universidad Central del Ecuador 15: 291-306, 379-394, 457-472, 16: 1-16, 89-108, 189-204, 267-282, 427-442, 17: 1-16, 79-94, 155-170, 249-264, 337-344, 441-472.

Sodiro, L. 1903. Anturios ecuatorianos. Monografía II. Contribuciones de la flora ecuatoriana. i-xxxii, 1-231, 1-7 (Adiciones), pl. 1-28. Universidad Central, Quito.

Sodiro, L. 1905a. Suplemento I. Anturios ecuatorianos. Monografía II. Contribuciones al conocimiento de la flora ecuatoriana. i-iii, 4-100 [101-112], pl. A, i-x. Universidad Central, Quito.

Sodiro, L. 1905b. Suplemento I. Anturios ecuatorianos. Anales de la Universidad Central del Ecuador 19: 265-296, 307-338, 20: 1-32, 91-98, 99-104.

Sodiro, L. 1906. Suplemento II. Anturios ecuatorianos. Anales de la Universidad Central del Ecuador 22: 20-39.

Stevens, P. F. (2001 en adelante). Angiosperm phylogeny website. Version 6, May 2005. http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html)

Swartz, O. 1788. Nova genera & species plantarum, seu, Prodromus descriptionum vegetabilium: maximam partem incognitorum quæ sub itinere in Indiam Occidentalem annis 1783-87. Estocolmo.

Trelease, W. 1936. Piperaceae. en Fl. Peru. Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 13(2): 3-253.

Ulloa Ulloa, C., J. L. Zarucchi & B. León. 2004. Diez años de adiciones a la flora del Perú: 1993-2003. Arnaldoa Edición Especial Nov. 2004: 1-242.

Ulloa Ulloa, C. & D. A. Neill. 2005. Cinco años de adiciones a la flora del Ecuador: 1999-2004. Editorial Universidad Técnica Particular de Loja, Loja. 75 p.

Urban, I. (ed.).1905. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-I. Bot. Jahrb. Syst. 37: 1-462.

Urban, I. (ed.). 1906. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-II. Bot. Jahrb. Syst. 37: 503-646.

Urban, I. (ed.). 1907. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-III. Bot. Jahrb. Syst. 39: 227-239.

Urban, I. (ed.). 1908. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-IV. Bot. Jahrb. Syst. 42: 49-177.

Urban, I. (ed.). 1911. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-V. Bot. Jahrb. Syst. 45: 433-470.

Valencia, R., N. Pitman, S. León-Yánez & P. M. Jørgensen (eds.). 2000. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 489 p.

Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Ministerio de Agricultura, Lima. 776 p.

Weddell, H. A. 1855. Chloris Andina. 1: 1-231. P. Bertrand, Libraire-Éditeur, París.

Wurdack, J. J. 1967a. Certamen Melastomataceis XI. Phytologia 14(5): 257-274

Wurdack, J. J. 1967b. Plants collected in Ecuador by W. H. Camp. Melastomataceae. Mem. New York Bot. Gard. 16: 1-45.

Wurdack, J. J. 1972a. Certamen Melastomataceis XVIII. Phytologia 22(5): 399-418.

Wurdack, J. J. 1972b. Certamen Melastomataceis XX. Phytologia 24(3): 195-208.

Wurdack, J. J. 1972c. Certamen Melastomataceis XIX. Phytologia 23(5): 474-502.

Wurdack, J. J. 1981. Certamen Melastomataceis XXXII. Phytologia 48(3): 238-254

Young, K., C. Ulloa Ulloa, J. L. Luteyn & S. Knapp (eds.). 2002.Plant evolution and endemism in Andean South America. Bot. Rev. 68(1): 1-188.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 51-76.

Puna

Emilia García E.[1,2] & Stephan G. Beck[1,3]

[1]Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés,
Casilla 10077 – Correo Central, La Paz, Bolivia
[2]emgar_ge@hotmail.com, [3]lpb@acelerate.com

Abstract

The diverse ecosystems of the high Central Andes from northern Peru to northern Argentina are called puna. Emphasis is given to the Bolivian puna. It includes high dense grassland in the humid puna and the paramo yungueño, open grassland, cushion vegetation (*Azorella, Pycnophyllum*) and tolares (evergreen resinous shrubs of *Baccharis* and *Parastrephia*) in the dry to desert puna. Dominating grasses are *Deyeuxia, Festuca*, and *Poa*, whereas in dryer areas prevail *Festuca orthophylla* and several species of *Stipa.* Low herbaceous grasses of *Muhlenbergia* and *Distichia humilis* together with halophytic scrubs cover the extended salt plains. In the fens (bofedales) vascular plants, such as Juncaceae, Cyperaceae, and Asteraceae are dominating. The aquatic flora is diverse and it plays an important role for human use (boats, handicrafts) and alimentation of cattle. Few trees beside *Polylepis* and *Buddleja* grow nowadays in the puna. In spite of altitude and extreme climatic conditions the puna houses about 1,500 plant species and about 40 endemic genera. Most of the genera known from the paramo and jalca are also found in the puna. The landscape has been modified in the past and is changing under man's action as shown by the prehispanic settlements, terraces and the present intensive farming activities. A lot of the humid puna has been converted in farming ground, the steeper areas and the fallow land are used for grazing by cattle, sheep, lama and alpaca, in the southern more arid areas only lama survive under hard environment conditions. Numerous edible tubercles of *Solanum, Oxalis, Ullucus*, and *Tropaeolum* are originated in the puna, beside the pseudo cereals *Chenopodium quinoa* (quinua) and *Ch. pallidicaule* (cañahua) and many medicinal plants known by the Aymara and Quechua. Conservation efforts are still poor and locally concentrated in a few protected areas.
Key words: Puna, flora, vegetation, ecology, use.

Resumen

La puna incluye ecosistemas altoandinos diversos, desde el norte del Perú hasta el norte de Argentina. El énfasis en el presente trabajo es la puna de Bolivia, que incluye praderas de altura en la puna húmeda y el páramo yungueño, praderas abiertas, la vegetación en cojín de *Azorella* y *Pycnophyllum*; y los tolares de arbustos resinosos de *Baccharis* y *Parastrephia* en puna seca a desértica. Pastos dominantes son *Deyeuxia, Festuca* y *Poa*, mientras que en áreas más secas prevalecen *Festuca orthophylla* y *Stipa* spp. Céspedes herbáceos bajos de *Muhlenbergia* y *Distichlis humilis* con cojines halofíticos cubren extensas planicies salinas. En los humedales (bofedales) dominan plantas vasculares de las familias Juncaceae, Cyperaceae y Asteraceae. La flora acuática es diversa y juega un papel importante al hombre (balsas, artesanías) y alimentación del ganado. Fuera de *Polylepis* y *Buddleja* actualmente los árboles son escasos en la puna. Pese a la altitud y condiciones climáticas extremas, la puna alberga aproximadamente 1.500 especies de plantas y 40 géneros endémicos. La mayoría de los géneros conocidos del parámo y la jalca crece también en la puna. El paisaje ha sido antes modificado como lo demuestran asentamientos prehispánicos y terrazas; hoy continúa cambiando por actividades agrícolas. Gran parte de la puna húmeda se ha convertido en terrenos de cultivo. Áreas más inclinadas y terrenos en descanso se usan para pastoreo de ganado vacuno, ovejas, llamas y alpacas; en el Altiplano sur, más árido, sólo las llamas sobreviven bajo condiciones difíciles y escasez de forraje. Numerosos tubérculos comestibles de los géneros *Solanum, Oxalis, Ullucus* y *Tropaeolum* son originarios de la puna, junto con pseudocereales como quinua (*Chenopodium quinoa*) y caHahua (*Ch. pallidicaule)*, además de numerosas plantas medicinales, conocidas por Aymaras y Quechuas. Esfuerzos de conservación son todavía pobres y localizados en algunas áreas protegidas del occidente del país.
Palabras clave: Puna, flora, vegetación, ecología, uso.

Introducción

El término *puna* es una voz Quechua que se refiere a las tierras altas de los Andes centrales entre 3.600 y 4.100 m en la clasificación tradicional local en Bolivia (Beck 1985, 1988). En los textos generales sobre los Andes Centrales altos por lo general no se marca un límite con los pisos altitudinales superiores. Se denomina puna a la extensa región superior de los Andes Centrales situada entre el norte de Argentina y la parte central del Perú dominada por especies herbáceas, en su mayoría gramíneas. La vegetación no se refiere solamente a los pastizales sino incluye también matorrales – sobre todo los tolares – y áreas con crecimiento arbóreo, como los bosques altoandinos de *Polylepis* y los bosquecillos de *Gynoxys*, ubicados en medio de los pajonales de la vertiente alta de los Yungas, denominado páramo yungueño (Beck 1995, Ribera *et al.* 1996). Nuestra contribución no incluirá los bosques de *Polylepis*, ya que existe un capítulo aparte (ver Kessler en este mismo libro). Las depresiones salinas y los salares en el centro y sur del Altiplano boliviano y argentino se encuentran cubiertas por una flora de halófitos muy específica. No se debe olvidar tampoco las numerosas lagunas y lagos de la región, el Titicaca como el más impresionante, que tienen vegetación acuática y comunidades de helófitos interesantes.

Existen numerosas descripciones de la puna (Beck 1985, 1988), que se resumen y complementan: Karl Reiche (1869-1929), August Weberbauer (1872-1948) y Theodor Herzog (1880-1961) fueron los primeros botánicos que presentaron tratados extensos sobre el mundo vegetal de los Andes en la serie de monografías fitogeográficas *Die Vegetation der Erde* (Vegetacion de la Tierra) editado por Engler y Drude (Chile: Reiche 1907, Perú: Weberbauer 1911, Bolivia: Herzog 1923). La descripción que coincide más con las observaciones en Bolivia aparece en la segunda edición del libro de Weberbauer (1945), quien se refiere a la puna como "*el piso más alto de la Sierra, exento de agricultura*" (!) y lo diferencia del altoandino que está "*dominado por el césped de puna con plantas arrosetadas y plantas de porte almohadillado*". Arriba de la ceja de monte, Weberbauer (1945) habla de una "*estepa de gramíneas pura y densa, parecida a la Jalca*", en otra parte les llama por su talla mayor "*pajonales o estepas (!) de manojos separadas en todo el piso altoandino y en el borde oriental de la Puna los manojos de las gramíneas se juntan formando una cubierta cerrada*". Si bien es la descripción más ajustada al caso de Bolivia, sugerimos no utilizar la palabra estepa del ruso '*stepj*' que debería ser aplicado para pastizales de zonas templadas continentales y no para formaciones de gramíneas tropicales de altura (Walter 1973). Es probable que formaciones similares en la Patagonia merezcan esta denominación.

Para las formaciones ericoides siempreverdes con secreción de resinas, Weberbauer (1945) utiliza la denominación de tholar o tolar, por el nombre vernacular de las especies dominantes – las tolas – que corresponden mayormente a especies de *Baccharis* y *Parastrephia*. En la literatura las tolas están frecuentemente citadas bajo *Lepidophyllum*, un sinónimo para la mayoría de las especies de *Parastrephia*, excepto un verdadero *Lepidophyllum* que crece en Patagonia.

Herzog (1923) en su descripción de las bases para el ordenamiento de la vegetación insiste en una separación de la meseta alta o puna de las serranías altas al este de la Cordillera Real y la Cordillera Oriental. Esta definición se encuentra también en los trabajos de Cabrera (1957) en su obra clásica *La vegetación de la puna argentina* delimita a esta zona entre las elevadas montañas de la Cordillera Real y los picos de la cadena andina se halla enclavado el Altiplano o puna. Ruthsatz (1983) agrega que por fuera de los límites estrictos del Altiplano existen además planicies de altura con carácter puneño.

Troll (1959) distingue las zonas de vegetación por encima del límite de bosque en páramo, puna húmeda, puna seca, puna

espinosa o salina y en puna desértica. Según Cabrera (1976), Ruthsatz (1983) y Beck & Garcia (1991) se puede diferenciar la puna (*s.l.*) en los pisos nival-subnival, altoandino superior e inferior y el verdadero piso puneño (*s.s.*). La prepuna contempla una región biogeográfica y florística distinta, conocida solamente en el sur de Bolivia y norte de Argentina y no corresponde a las áreas de nivel inferior de la puna (Lopez & Beck 2002, Lopez 2003). Navarro (2002) en el afán de un nuevo ordenamiento biogeográfico y en base a relevamientos fitosociológicos de algunas localidades, propone una provincia de la puna peruana, que se extiende desde el sur de los Andes de Ecuador hasta el centro de la Cordillera Oriental y el Altiplano de Bolivia, incluyendo la jalca del Perú. El autor incluye la parte central, el sur y este de la puna en la provincia boliviano-tucumana y la parte occidental, central y sur en la provincia del Altiplano andino. Para las altas cordilleras y el Altiplano, Ibisch *et al.* (2003) distinguen entre las ecorregiones de Bolivia a la puna norteña que incluye la puna húmeda y puna semihúmeda, la vegetación altoandina de la Cordillera Oriental con los pisos nival y subnival y la puna sureña con la puna seca y puna desértica, incluyendo en ésta a los pisos nival y subnival de la Cordillera Occidental.

Ninguna clasificación ni delimitación geográfica corresponde totalmente a la diversidad real de ambientes. Los rasgos generales reflejan los diferentes tipos de puna citados por Troll (1959), que fue respaldado por los trabajos de Ruthsatz (1983). Esta autora sitúa al límite inferior de la puna en 3.400 m por su experiencia de trabajo en el norte de Argentina y el superior a 4.200 m.

No es posible establecer un límite altitudinal fijo para la puna que se extienda más allá de 10 grados latitudinales, aunque algunos sectores del Altiplano boliviano casi abarcan tres grados longitudinales con una amplitud mayor a los 300 km. Los efectos orográficos y de Massenerhebung inducen diferentes condiciones ecológicas y por lo tanto diferencias en estructura y composición de la vegetación en un mismo nivel altitudinal.

Presencia humana y uso de la puna hace miles de años

Las tierras altas de los Andes Centrales han sido habitadas por lo menos durante 15.000 años y contienen los vestigios más antiguos de asentamientos humanos en el continente (Dollfus 1984). Los signos de diferentes culturas se encuentran a lo largo de la cadena andina en forma de andenes o restos de construcciones sagradas o profanas como Macchu Picchu y Sacsayhuaman en el Perú y Tiahuanaco e Iscanwaya en Bolivia. La mayoría de estas obras de culturas pasadas quedan todavía bajo tierra o cubiertas por la vegetación densa en las vertientes húmedas de los Yungas. Esta extensa región tenía hace 1.000 años una población humana mayor a un millón de habitantes y hoy en día debe contar con varios millones de habitantes, relacionados con el ambiente y los recursos de la puna, como por ejemplo citamos para las principales ciudades en el oeste de Bolivia y Perú en la tabla 1. La mayoría de estos centros urbanos se desarrolla todavía por la alta tasa de natalidad y migración de la gente del campo hacia la ciudad. En el auge de la explotación de la plata en 1600 la ciudad de Potosí tenia 150.000 habitantes, lo que superaba a la población de Nueva York, París y Londres en ese tiempo (Graf & Villarroel 2002).

El mapa del Altiplano del sur de Perú, Bolivia y norte de Argentina de Ruthsatz (1983) muestra la densidad poblacional en cinco pisos altitudinales. Se observan asentamientos pequeños, alejados de los centros urbanos y distribuidos en todo el Altiplano. Seguramente poco o nada cambió en los últimos 20 años y se mantiene vigente la tendencia de un menor número de habitantes conforme aumentan la altitud y la aridez. Paralelamente, mejora la estructura y composición de la vegetación hacia su estado natural.

La población humana ha dejado rastros en el paisaje andino. Deben existir pocos lugares en el Altiplano que no han sido tocados por sus habitantes en los miles de años de interacción entre las culturas del pasado y el paisaje. Ellenberg (1958, 1966, 1979, 1992, 1996), Ruthsatz (1977, 1983), Beck & Ellenberg (1977), Kessler & Driesch (1993) y Dollfus (1996) entre otros autores se refieren a numerosos indicadores del efecto formativo y destructivo humano, que se activó con la introducción de ganado y cultivos asociados a malezas, en la zona andina.

Geología y suelos de la puna

Los Andes en Bolivia forman dos cordilleras importantes por su extensión: una la Cordillera Occidental con un sistema montañoso y la presencia de importantes volcanes, principalmente en el extremo sur del país y otra, la Cordillera Oriental (ver Argollo en este volumen). La Cordillera Occidental ingresa al país por el sur del lago Titicaca, a la altura del paralelo 17° hasta el paralelo 21°, en los cerros de Lípez. En el sector norte se observa un complejo de montañas y planicies, con glaciares como el Illampu, Huayna Potosí, Mururata, lagunas glaciales, bofedales, serranías y colinas, mientras que en el sur los volcanes se mezclan con mesetas altas por encima de los 4.500 m, formadas por coladas de lava y acumulaciones de ceniza. Además, son un elemento típico en el paisaje las lagunas salinas o borateras, y los manantiales de aguas termales (Montes de Oca 1997). Entre ambas cordilleras se presenta una extensa región de planicies, colinas y serranías, conocida en conjunto como Altiplano, el cual se divide en el altiplano norte, (más húmedo), el Altiplano central (semihúmedo) y el Altiplano sur (árido). El Altiplano es una extensa cuenca que está cubierta por sedimentos de lagos desaparecidos, lagos ligeramente salobres (Titicaca y Poopó) y restos de los salares de Uyuni y Coipasa. Los sedimentos corresponden al Plioceno y Pleistoceno (Ahlfeld & Branisa 1960, Liberman 1991, Montes de Oca 1997).

La región occidental de Bolivia se relaciona con la faja mineralógica. La Cordillera Oriental corresponde al bloque paleozoico, la Occidental se caracteriza por su origen volcánico, que data del Terciario y Cuaternario y el Altiplano está formado por sedimentos cuaternarios (Montes de Oca 1997).

Los suelos de la puna tienen principalmente textura franca o franco-arenosa con pH generalmente alcalinos por la naturaleza de la roca madre (granitos, feldespatos y micas) y bajo contenido de materia orgánica (Salm 1983). Dependiendo de si se trata del Altiplano norte, central o sur, la mineralización del nitrógeno es más o menos rápida (Ruiz 1982), dependiendo

Tabla 1: Número de habitantes y altitud de ciudades en la región de la puna occidental de Bolivia y Perú (según datos de INE 2001, internet Perú). Símbolos: * fundado en 1985, antes unida con La Paz, datos del municipio, ** datos del distrito.

Ciudad	Número de habitantes (año)		Altitud (m)
Juliaca**	166.630 (1995)	195.400 (2000)	3.825
El Alto*	405.490 (1992)*	649.960 (2001)*	4.070
La Paz	713.380 (1992)	789.590 (2001)	3.600
Oruro	183.400 (1992)	201.200 (2001)	3.708
Potosí	112.000 (1992)	133.000 (2001)	4.070
Puno**	103.480 (1995)	112.980 (2000)	3.827

de la actividad de microorganismos en relación con la temperatura y la humedad del suelo. Además, existen suelos formados por depósitos aluviales en los bordes de ríos y lagos. Son suelos formados por sedimentos finos, limos y arcillas, por lo que resultan sitios fértiles. En los bofedales el sustrato corresponde a suelos orgánicos, ácidos y con alta proporción de materia orgánica en distintos grados de descomposición. Corresponde al tipo de suelos con la mayor cobertura vegetal y una alta riqueza específica representada por hierbas en roseta, gramíneas, graminoides y arbustos enanos. En el Altiplano sur los suelos son salinos (con NaCl) y fuertemente alcalinos (con boratos, carbonatos, sulfatos y otras sales). Según Salm & Gehler (1987) la concentración de sales en suelos del Altiplano sur es de 10-39 g de sales por kilogramo de suelo.

Aspectos climáticos de la puna

Gran parte de los Andes en Bolivia se sitúa en la zona tórrida ecuatorial con radiación elevada. Existe nubosidad estacional con cielos despejados la mayor parte del aHo, provocando un aumento de la irradiación terrestre, en especial durante la noche. Esto determina una pérdida nocturna de calor y una amplitud térmica pronunciada con grandes variaciones de temperatura a lo largo del día, que constituye el "clima de ritmo diurno" según Troll (1959, 1968). La posición latitudinal, la altitud, la topografía, la exposición de las laderas, la cobertura vegetal, junto con el movimiento de los vientos alisios y los fenómenos de El Niño y la Niña son factores que contribuyen a producir variaciones climáticas.

La Cordillera Oriental tiene un efecto muy importante sobre el clima, debido a su altitud y a su ubicación norte-sudeste. Constituye una barrera geográfica para los vientos y corrientes de humedad para la Cordillera Occidental. En ciertos sectores se ubican las llamadas abras o pasos por donde atraviesan nubes y vientos húmedos. La zona denominada Yungas, situada a menor altitud y con exposición este, tiene una humedad más pronunciada y temperaturas más altas (Lorini 1991). En Altiplano sur, la amplitud térmica es muy grande con una diferencia de 50°C entre el día y la noche (Montes de Oca 1997).

La disponibilidad de humedad es variable según las épocas del año y factores locales. Es mayor entre diciembre y febrero, por el aporte de masas húmedas provenientes del norte y noreste, y la cercanía de un gran cuerpo de agua como es el Lago Titicaca. La evaporación del lago es muy elevada (Iltis 1991), lo cual contribuye al ciclo hidrológico de la región. Los glaciares de la Cordillera Oriental también contribuyen con humedad, formando ríos y arroyos que bajan por las laderas (Lorini 1991). Existe un gradiente de humedad decreciente en sentido N-S y E-W. Las precipitaciones, según la altitud caen en forma de nieve, granizo o lluvia. Se distinguen en general dos épocas: húmeda de noviembre a marzo o abril y una seca, de mayo a octubre. Dependiendo de la latitud y la altitud se producen heladas, distribuidas desde pocos días al mes hasta heladas permanentes. En el Altiplano norte, el promedio de precipitación anual es de 600 a 800 mm (Lorini 1991), pero en el sur este promedio alcanza entre 80 y 100 mm (Navarro 1992).

Diversidad y afinidades florísticas

La vegetación de la puna consta en su mayor parte de comunidades herbáceas, dominadas por gramíneas y graminoides, denominadas en general, praderas o pastizales. También incluye formaciones herbáceas y arbustivas, con especies siempreverdes, microfoliadas y resinosas, que forma en algunos sectores extensos matorrales conocidos como tolares. Algunos sectores presentan comunidades mixtas de tolares y pajonales. La transición casi imperceptible entre puna, jalca y páramo no posibilita una delimitación estricta de la mayoría de los taxa en la región. Existen

solamente pocos géneros restringidos a una región mientras que la mayoría de ellos se distribuye a lo largo de los Andes altos, desde Venezuela hasta Argentina.

No existe un resumen de la diversidad florística de la puna. Cabrera (1957) presenta un catálogo de 648 especies de plantas vasculares argentinas con dominancia de Compositae y arriba de 50 especies de Gramineae y Leguminosae. Esta relación no cambió. Su catálogo incluye también algunas especies de la prepuna.

Young *et al.* (1997) estiman para la flora vascular de la puna peruana 1.000-1.500 especies, incluyendo numerosas especies del páramo y de la jalca. Actualmente se está elaborando un catálogo de las plantas vasculares de Bolivia, que va a incluir todas las especies conocidas de la puna y de la vegetación colindante, como la del páramo yungueño y las cabeceras de valles. La valiosa *Flora genérica de los páramos* (Sklenar *et al.* 2005) incluye en su mayor parte taxa de amplia distribución de la región alta de los Andes y resulta muy útil también para la puna. Muchos de los grupos taxonómicos citados están presentes en la ceja de monte y crecen también como islas de bosque dentro del páramo yungueño. Sólo muy pocos taxa no se comparten, como muestra el siguiente análisis al nivel de familias y géneros seleccionados (Tablas 2 y 3). Aparte de las familias de la tabla 2, se registraron familias de plantas acuáticas en ambientes de la puna: Callitrichaceae, Ruppiaceae y Zannichelliaceae no incluidas en la flora genérica del páramo (ver vegetación acuática más abajo).

Estas familias del páramo no fueron registrados ni para el páramo yungueño ni para la flora de Bolivia, a pesar de que Coriariaceae y Winteraceae crecen en Perú. En nuestra región se encuentran 22 familias de helechos y plantas afines (*sensu* Sklenar *et al.* (2005), con excepción del género *Nephropteris* (Pteridaceae) que no ha sido registrado para Bolivia. De las gimnospermas se citan para el páramo verdadero los géneros *Ephedra* y *Prumnopitys*, pero curiosamente no figura el género más diverso *Podocarpus*, que crece en el páramo yungueño hasta los 3.300 m. Sklenar *et al.* (2005) citan 14 géneros como exclusivamente endémicos del páramo verdadero, de éstos *Aphanelytrum* y *Ascidiogyne* se encuentran también en Bolivia.

La puna tiene una diversidad de especies que resulta menor que la de otras grandes formaciones de vegetación. Sin embargo, el número total de especies resulta elevado, considerando las difíciles condiciones bajo las cuales crecen las plantas. Los factores desfavorables son la alta radiación, en especial la UV-B (E. Palenque 2003, com. pers.), las bajas temperaturas con la producción de heladas, la escasez de agua, determinada por el efecto de las temperaturas bajo cero y por la naturaleza de los suelos, alcalinos y salinos. En la tabla 3 se listan géneros y especies que predominan en la puna y se indica aquellos que son endémicos o exclusivos de la puna. Se podría incluir también

Tabla 2: Familias de plantas vasculares registradas solamente en la puna o en el páramo.

Puna	**Páramo**
Calyceraceae	Cistaceae
Chenopodiaceae	Coriariaceae
Frankeniaceae	Garryaceae
Linaceae	Winteraceae
Polemoniaceae	
Santalaceae	

Tabla 3: Géneros y especies con dominancia en la puna (en base a Zuloaga *et al.* 1999). Símbolos: * exclusivamente en la puna, **con pocas especies en jalca y páramo.

Familia	**Género/especie**
Alstroemeriaceae	*Schickendantzia pygmaea**
Apiaceae	*Azorella***
Asteraceae	*Aphyllocladus*
Asteraceae	*Belloa**
Asteraceae	*Chaetanthera**
Asteraceae	*Chersodoma**
Asteraceae	*Chiliotrichiopsis keidelii*
Asteraceae	*Chuquiraga*
Asteraceae	*Cuatrecasasiella (Luciliopsis)**
Asteraceae	*Facelis*
Asteraceae	*Mniodes**
Asteraceae	*Lucilia*
Asteraceae	*Nardophyllum*
Asteraceae	*Novenia acaulis*
Asteraceae	*Paranephelius***
Asteraceae	*Parastrephia**
Asteraceae	*Plazia daphnoides* otra especie en Chile?
Asteraceae	*Stuckertiella* otra especie en Chile
Asteraceae	*Werneria* (s.l.)
Balanophoraceae	*Ombrophytum subterraneum**
Basellaceae	*Ullucus tuberosus**
Brassicaceae	*Alpaminia, Catadysia, Englerocharis, Pelagatia* (Perú)
Brassicaceae	*Aschersoniodoxa**
Brassicaceae	*Brayopsis**
Brassicaceae	*Dictyophragmus punensis** (Arg.)
Brassicaceae	*Eudema*
Brassicaceae	*Parodiodoxa chionophila** (Arg.)
Brassicaceae	*Petroravenia eseptata** (Arg.)
Brassicaceae	*Weberbauera**
Bromeliaceae	*Abromeitiella*
Bromeliaceae	*Puya*
Cactaceae	*Cintia knizei **
Cactaceae	*Lobivia, Maihueniopsis* (Opuntia* s.l.*)*
Cactaceae	*Neowerdermannia**
Cactaceae	*Oreocereus*, Puna* (Opuntia* s.l.*)*
Calyceraceae	*Calycera*
Calyceraceae	*Moschopsis monocephala**
Caryophyllaceae	*Plettkea*, Pycnophyllum**
Caryophyllaceae	*Pycnophyllopsis**
Cyperaceae	*Oreobolopsis*, Phylloscirpus, Trichophorum, Zameioscirpus**
Iridaceae	*Cardenanthus*

Familia	Género/especie
Juncaceae	*Distichia, Patosia**
Malvaceae	*Acaulimalva**
Malvaceae	*Nototriche***
Orchidaceae	*Aa*
Orchidaceae	*Myrosmodes*
Oxalidaceae (Geraniaceae)	*Hypseocharis*
Plantaginaceae	*Bougueria nubicola**
Poaceae	*Aciachne¨***
Poaceae	*Anthochloa lepidula**
Poaceae	*Dielsiochloa floribunda**
Poaceae	*Dissanthelium*
Poaceae	*Munroa*
Portulacaceae	*Montiopsis*
Ranunculaceae	*Barneoudia** (Arg.)
Ranunculaceae	*Oreithales integrifolia*
Rosaceae	*Polylepis*
Rosaceae	*Tetraglochin*
Santalaceae	*Arjona glaberrima**
Solanaceae	*Fabiana*
Valerianaceae	*Belonanthus***
Valerianaceae	*Phyllactis***
Valerianaceae	*Stangea**
Verbenaceae	*Junellia, Lampaya**

a *Anthobryum* (Cabrera & Willink 1973), género que actualmente fue sinonimizado con *Frankenia.*

En el Altiplano sur existe una alta proporción de especies endémicas como *Chersodoma candida* y *Ch. jodopappa* (Cabrera 1978) y *Chaetanthera sphaeroidalis* (Navarro 1993), que crecen en las acumulaciones de rocas o en los tolares, bajo la protección de los arbustos. Es cierto que la diversidad florística disminuye con el aumento de la aridez, pero esa diversidad no resulta despreciable como indican las cerca de 200 especies en el área de la Reserva de Fauna "Eduardo Abaroa", en el extremo sur del país. Las cactáceas forman el grupo más importante desde el punto de vista de la diversidad, endemismo, presencia de nuevas especies y nuevos registros para Bolivia, que la tabla anterior no refleja. Muchas se consideran vulnerables y en peligro, por la extracción no controlada con fines comerciales y por la alteración de sus hábitats.

Baumann (1988) analizó la distribución y biogeografía de 23 géneros altoandinos, la mayoría de éstos muestra este patrón. También Graf (2001), en una comparación palinológica entre el páramo y la puna indica la semejanza de los palinomorfos más importantes. Este caso se aplica también a la mayoría de las especies, como muestran algunos ejemplos en la tabla 4.

Formas de vida en los ambientes de la puna

Las formas de vida que se encuentran en la puna son arbustos enanos como por ejemplo *Baccharis alpina*, arbustos resinosos, hierbas perennes en roseta, con raíces pivotantes

engrosadas como especies de *Astragalus*, *Nototriche, Hypochaeris,* cojines suaves como *Arenaria*, *Pycnophyllum* o duros como *Azorella*, *Junellia* y *Frankenia.* Gramíneas en matas de los géneros *Deyeuxia, Festuca, Poa* y *Stipa*; así como cespitosas como *Muhlenbergia* y *Aristida*. Varios ejemplos clásicos de las formas de vida según Raunkiaer, completado por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) se presentan en los trabajos de Gutte para la puna peruana, por ejemplo en la descripción de las comunidades vegetales del piso alpino (Gutte 1985). Un libro único sobre la morfología de las formas de crecimiento de las plantas de las altas montañas tropicales con numerosos ejemplos de convergencias de puna, páramo y los trópicos de África y Asia presenta Rauh (1988) con numerosas figuras y fotos.

Las adaptaciones frecuentes de las plantas de la puna pueden ser morfológicas, tales como pelos, resinas, disminución de las superficies foliares, protección de los órganos transpirantes con enrollamiento de las hojas, estomas hundidos o suculencia. Otras adaptaciones tienen que ver con ajustes en la fisiología de las plantas como potenciales hídricos elevados (suelos salinos, trabajo de Geyger *et al.* 1992), presencia de solutos que actúan como anticongelantes (Flores *et al.* 2005) o como fuentes de CO_2 (Gonzáles 1985), metabolismo fotosintético C_4 (como las especies de *Atriplex*), acumulación de antocianos como protección de la clorofila contra radiación excesiva, presencia de antioxidantes que contrarrestan el stress oxidativo producido por la alta radiación y la falta de agua. Dentro del proyecto financiado por la cooperación sueca, un grupo de investigadores químicos se encuentra estudiando la presencia y naturaleza de metabolitos secundarios en plantas andinas silvestres. Sus resultados muestran la presencia de diferentes metabolitos en plantas con similitudes morfológicas pertenecientes a familias diferentes. Algunos de estos compuestos son grasa, aceites y resinas, obtenidos por cromatografía de los extractos etéreos (Flores *et al.* 2004*).* Algunas especies tienen aceites esenciales constituidos por gran cantidad de monoterpenos y sesquiterpenos. Se ha interpretado la presencia de grasas como una protección contra el frío y la acumulación de terpenos como una manera de disuadir e consumo por herbívoros. Otros compuestos son los carotenoides, flavonoides y otros derivados fenólicos, con propiedades fotoprotectoras (atrapan radicales libres). Los azúcares, principalmente la sacarosa, se acumula como un mecanismo de protección contra las heladas. Quizá el compuesto más interesante sea el ácido oleanólico, con propiedades antioxidantes, evitando la peroxidación de los lípidos. Este ácido cumple la función biológica de transporte de glucósidos hacia las vacuolas, las cuales sirven de reservas

Tabla 4: Algunas especies de amplia distribución andina.

Rango latitudinal aproximado	Familia	Especie
4ºN-21ºS	Asteraceae	*Baccharis alpina*
4ºN-17ºS	Asteraceae	*Chuquiraga jussieui*
2ºN-17ºS	Asteraceae	*Loricaria thuyoides*
23ºN-66ºS	Caryophyllaceae	*Colobanthus quitensis*
10ºN-25ºS	Ericaceae	*Pernettya prostrata*
10ºN-54ºS	Ranunculaceae	*Caltha sagittata*
9ºN-30ºS	Ranunculaceae	*Ranunculus praemorsus*
19ºN-33ºS	Rosaceae	*Lachemilla pinnata*

de agua y por lo tanto contribuyen a evitar su congelación (Flores *et al.* 2004).

La vegetación de la puna

Las cordilleras y el Altiplano presentan una amplia diversidad de condiciones topográficas, climáticas y edáficas, que corresponden a varios hábitats distintos en los cuales se desarrolla una vegetación rica en especies y en formas de vida. En el presente trabajo se caracterizan las siguientes grandes formaciones vegetales y agrupaciones florísticas:

- Praderas
- Tolares
- Areas con crecimiento arbóreo
- Páramo yungueño
- Areas salinas con halófitas
- Bofedales o humedales de turberas
- Vegetación acuática
- Flora criptogámica

Praderas: La vegetación empieza de manera dispersa en lugares protegidos de las acumulaciones de rocas y piedras del piso subnival, entre 4.800 y 5.000 m. Aparecen grupos aislados de gramíneas de los géneros *Deyeuxia y Poa*. En estos ambiente se presentan varios endemismos como las especies *Anthochloa lepidula, Dielsiochloa floribunda, Dissanthelium calycinum, D. trollii* y *D. macusaniense* (Beck 1995, 1998, Renvoize 1998, Navarro 2002). En las planicies y laderas a menor altitud se desarrollan las praderas como una vegetación herbácea y densa, pocos centímetros de altura con especies de los géneros *Deyeuxia (Deyeuxia minima), Agrostis, Poa* y *Stipa.* También es común *Luzula racemosa* y especies de *Gentianella* (Beck 1988, Navarro 2002).

Una gran parte de la superficie del piso altoandino entre los 4.400 y 4.800 m está cubierta por un tipo de vegetación baja, sobre las morrenas consolidadas. Las especies dominantes son gramíneas de hojas aciculares y, dependiendo de las condiciones de humedad, cubren todo el suelo o crecen en forma aislada. Es un mosaico de formaciones graminoides, en su mayoría con ciperáceas del género *Trichophorum* y la especie endémica de la puna *Oreobolopsis tepalifera*, junto con hierbas en su mayoría perennes. Las familias mejor representadas en las praderas son Asteraceae, Caryophyllaceae, Geraniaceae, Malvaceae, entre muchas otras que tienen un número menor de géneros y especies (Gonzales 1997).

Debido al gradiente de humedad decreciente en sentido norte-sur, las praderas cambian su fisonomía y su composición florística. Las Pooideae son más frecuentes en el Altiplano húmedo y frío. En las depresiones de este altiplano por lo general se desarrolla un césped abierto con especies de *Muhlenbergia (M. fastigiata, M. ligularis)*. En lugares más áridos, con suelos pedregosos y poco fértiles son comunes las especies de *Aristida*, Arundinoideae y Chloridoideae (*Eragrostis*), junto con *Chondrosum simplex* y *Microchloa indica,* como especie acompañante en suelos salinizados está *Distichlis humilis*. Hacia el sur, las praderas disminuyen su cobertura y en ellas predominan las especies de *Stipa*. Los pajonales son muy abiertos y la especie más común es la "paja brava" o "iru ichu", *Festuca orthophylla*. En los suelos influenciados por la salinidad crece *Puccinellia parvula* (Beck 1998).

Navarro (2002) ha descrito esta vegetación como pajonales, que se desarrollan sobre suelos bien drenados, en suelos poco profundos, pedregosos y erosionados, así como en lugares con acumulación de agua, cerca de los bofedales y de la vegetación acuática. El pajonal de suelos bien drenados desarrolla 2-3 estratos. El más alto está formado por *Festuca dolichophylla*, junto con otras especies de *Festuca*. En el estrato intermedio son frecuentes las especies *Deyeuxia filifolia, D. heterophylla, D. vicunarum, Festuca rigescens, Stipa hans-meyeri, Poa asperiflora* y otras especies de este género. En el estrato bajo se encuentran hierbas en roseta y rastreras de los géneros *Arenaria, Gamochaeta, Belloa, Perezia,*

junto con arbustos enanos de *Baccharis alpina* y *B. caespitosa.* En forma aislada se tienen los cojines planos de *Azorella diapensioides*. Este tipo de pajonal es utilizado como campo de pastoreo, siendo sometido a quema de forma periódica, lo cual favorece el crecimiento de especies forrajeras como *Trifolium amabile* y *Lachemilla pinnata*. La carga animal excesiva en muchos lugares provoca la degradación de este pajonal y en sustitución de las gramíneas crecen arbustos espinosos y hierbas tóxicas, como *Tetraglochin cristatum, Senecio spinosus, Aciachne pulvinata* o *A. acicularis*, y *Astraglaus garbancillo.* Las áreas degradadas, en especial las planicies con sobrepastoreo, muestran pequeños cojines de *Aciachne pulvinata,* que es favorecida por la humedad de lloviznas y neblinas, por lo que es más abundante en las laderas de exposición este (Seibert & Menhofer 1991, 1992, Seibert 1993, Beck 1998, Navarro 2002) En forma natural, Un tipo de pajonal semejante en su aspecto y composición florística al pajonal degradado se desarrolla en las crestas de cerros y cadenas montañosas, que son más áridos (Navarro 2002).

Tolares: La palabra tola, en Aymara y Quechua significa leña y está asociada a arbustos en su mayoría resinosos, que resultan combustibles. Los géneros correspondientes a las tolas son principalmente *Baccharis* y *Parastrephia,* aunque también puede llamarse tola a especies del género *Chersodoma*. Sus especies reciben diferentes denominaciones según las regiones, haciendo referencia a algunas características de la planta, como por ejemplo, oke tola (*Chersodoma jodopappa*), tola gris (Tabla 5). Los arbustos de otros géneros que se utilizan como leña no se conocen como tola, así por ejemplo, la kailla o añahuaya que son especies de *Tetraglochin*.

Los tolares son matorrales siempreverdes de los Andes Centrales cubren una extensa área en el Altiplano Central, Sur y en los pisos altoandino árido y semiárido. Estas formaciones ericoides siempreverdes con secreción de resinas (Weberbauer 1945) abarcan un rango altitudinal entre 3.000-4.500 m, de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas. Los tolares de *Parastrephia lepidophylla* tienen el más amplio rango de adaptación, es decir que pueden encontrarse en la puna húmeda, de donde casi ha desaparecido, hasta la puna semidesértica, sobre suelos francos, franco arenosos y también en suelos franco arcillosos. Generalmente, se adapta a llanuras con una napa freática alta o antiguos abanicos al pie de las laderas. También las otras tolas muestran preferencias por las laderas o llanuras, así en laderas o serranías están frecuentemente los tolares de *Parastrephia quadrangularis, Baccharis tola* y *Fabiana densa.* Los tolares de *Baccharis boliviensis* se distribuyen en laderas y abanicos aluviales, junto con *Fabiana densa* y *Baccharis tola*. *Lampaya castellani* prefiere suelos arenosos, antiguas dunas de la puna semidesértica (Ruthsatz 1977, Alzérreca *et al.* 2002, Zeballos *et al.* 2003).

Gracias a la actualización de la sistemática del género *Baccharis* por Müller (2006), se conoce más sobre algunas tolas del Altiplano. En este trabajo Müller incluye a la especie más común – *Baccharis incarum* – dentro del complejo de *Baccharis tola* con cuatro subespecies y cuatro variedades, que crecen todas en la puna. Concretamente la tola, *B. incarum* debe nombrarse *Baccharis tola* Phil. subsp. *santelicis* (Phil.) Joch. Müller var. *incarum* (Wedd.) Joch. Müller o brevemente *Baccharis tola* var. *incarum*.

Los usos de las tolas son diversos: principalmente sirven como leña de uso doméstico, para panaderías y yeserías, aunque también las plantas son utilizadas en las minas. Los tolares juegan un papel clave en el control de la erosión hídrica y eólica, además de que las tolas tienen numerosas aplicaciones en la medicina nativa (Girault 1984), en la artesanía con el teñido de textiles y lana (Cajías & Fernández 1987). Varias tolas son consumidas como forraje por llamas y ovejas, aunque en cantidades pequeñas sobre todo en época de escasez, cuando no hay otros forrajes a causa de nevadas o sequías (Alzérreca *et al.* 2002).

Tabla 5: Las tolas más importantes del Altiplano boliviano (modificado de García & Hinojosa 1990, García 1997, Alzérreca *et al*. 2002 e Hinojosa *et al.* 2002).

Familia	Especie	Nombre vernacular
Compositae	*Parastrephia lepidophylla*	Suputola, tititola, quiru tola quirota
	P. quadrangularis	Alpachtola, phulica tola
	P. phylicaeformis	Chekatola
	P. lucida	Chekatola (de altura), uno tola, yacu tola
	Baccharis tola	Ñakatola, lejia tola
	Baccharis boliviensis	Jamachitola, phesqu tola
	Chersodoma jodopappa	Condortola, oke tola
Solanaceae	*Fabiana densa*	Tarataratola, tara
Verbenaceae	*Lampaya castellani*	Lampayatola, lamphaya

La ganadería y el sobrepastoreo en los tolares representan el principal problema para su conservación, por la excesiva cantidad de animales por hectárea y la falta de un manejo adecuado. A veces campesinos queman el tolar para obtener rebrote de las plantas forrajeras, estas quemas pueden expandirse incontrolablemente y afectar grandes áreas, quedando el tolar desprovisto de vegetación y el suelo expuesto a la erosión por el viento y el agua.

Otro problema en la puna semi-húmeda presenta la expansión continua de las áreas cultivadas por el aumento de la mecanización agrícola, destruyendo las planicies y partes bajas de laderas para el cultivo de papas para su comercialización. En algunas regiones de antiguos tolares la erosión eólica ha destruido el suelo después del roturado de la capa arable, formando dunas, que son un indicio claro que se ha quebrantado la débil estructura del suelo. Este proceso antrópico de degradación puede continuar hasta la total desertificación del Altiplano (Alzérreca *et al.* 2002).

Áreas con crecimiento arbóreo: Michael Kessler (en este volumen) nos orientó sobre la distribución actual potencial de los bosques de *Polylepis* incluyendo en la puna y pisos altoandinos; este autor indica sobre especies arbóreas acompañantes. En la amplia región de la puna se nota la presencia escasa de árboles en el paisaje. Los árboles en la cercanías de asentamientos humanos frecuentemente fueron plantados, sobre todo los introducidos *Eucalyptus globulus*, diversas especies de *Ulmus, Populus, Salix*, pero también *Cupressus y Pinus*. ¿Entonces, no nos muestra esto que es posible un crecimiento arbóreo? Buscando en las cronologías e historias de los viajeros se encuentran descripciones referentes a su uso y su distribución, Posnansky (1982) habla de las quishuaras (*Buddleja*) en las faldas del lago Titicaca utilizadas para embarcaciones a vapor que circularon entre Puno y Guaqui. Todavía existen estas especies de *Buddleja* en los límites de parcelas junto a pequeños muros de piedras amontonadas y frecuentemente en forma de arbustos gigantes de *B. coriacea, B. montana* y sus híbridos. Antiguos centros culturales incaicos sobre la península de Taraco (lago Titicaca, parte boliviana) y también en el área protegida Pampas Galeras (en la Cordillera Occidental del Perú) se presentan algunos árboles enormes de *Buddleja coriacea*, que cuentan desde varios cientos de años. Ejemplares aislados o en pequeños grupos de *Escallonia resinosa* y *E. myrtilloides* se observan

en las faldas del nevado Illimani; también muestras de herbario de árboles de *Duranta rupestris* se colectaron en la montaña del Tunari (Cochabamba).

Un elemento único de la puna de crecimiento arbóreo presenta la gigante *Puya raimondii*, que crece únicamente en Bolivia y Perú entre los 3.200 hasta 4.600 m. Se distribuye en laderas pedregosas de fuerte pendiente y buen drenaje en especial con exposición NW, que recibe mayor radiación solar. En Bolivia se registraron 19 lugares: 13 en Cochabamba, cuatro en La Paz y dos en Potosí; solo Comanche es considerada área protegida. Unas de las poblaciones más grandes se encuentra en la localidad de Araca (La Paz) con más de 10.000 individuos (Foster 1984, Ibisch *et al.* 1999, Garcia Lino 2005).

Páramo yungueño: Una franja no continúa en la Cordillera Oriental, arriba o entre los bosques montañosos entre (2.800) 3.000-3.700 (4.100) m de los Yungas de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, está cubierta con vegetación parecida en su fisionomía y flora a los Páramos verdaderos de los Andes tropicales más al norte. Este tipo de vegetación se extiende desde el norte de Perú y en manchas cada vez más reducidas hacia el norte de Argentina (Halloy 1997, Rangel 2004). Pocos trabajos se publicaron para estos ecosistemas en Bolivia (Ribera 1992, Capra 1996, Beck 1995, 1998) a pesar que numerosos viajeros y exploradores a lomo de mula de los siglos pasados, se refirieron a ellos, como lo hizo Troll (1959) en una figura.

El páramo yungueño de La Paz se diferencia de la puna húmeda por sus condiciones casi perhúmedas. En la estación meteorológica de Cotapata, a 3.180 m, se midieron precipitaciones por debajo de 100 mm solamente para los meses de junio y julio mientras que para el periodo entre octubre 1995 y septiembre 1996, se registraron 3.485 mm (Capra 1996). La frecuencia alta de nubes y neblina, acompañada de lloviznas sobre las fuertes pendientes de sus laderas, no siempre invitan a estudiar estos ecosistemas particulares. La vegetación se caracteriza por pajonales altos con matas de *Cortaderia, Deyeuxia, Festuca* y *Poa*, chusqueales con gramíneas bambusoides de *Chusquea* (*Ch. depauperata* y otras), especies no descritas de *Neurolepis* y ejemplares raros de otras gramíneas herbáceas como *Aphanelytrum procumbens* y *Hierochloe redolens.* En lugares abiertos por el pastoreo intenso se forma un césped bajo. Entre las matas de gramíneas crecen postradas sobre el suelo las siguientes especies: El arbusto *Miconia chionophylla*, especies herbáceas de *Arcytophyllum, Oriotrophium, Laedstadia*, el helecho *Jamesonia* y a veces un helecho con un pequeño fuste, *Blechnum loxense* (o una especie emparentada). Otros arbustos y subarbustos comunes del área son especies de las compuestas *Baccharis, Gynoxys, Loricaria, Senecio* (s.l.), *Buddleja montana, Escallonia myrtilloides* e *Hypericum laricifolium*. En las manchas de bosque de ceja de monte se ven *Morella, Oreopanax, Gaultheria, Weinmannia* y a veces *Podocarpus*. Arriba de los pajonales o del césped bajo, a los 3.800 m en la franja de condensación y acumulación de nubes, se forman bosquecillos de *Polylepis pepei* con un tapiz de 50 cm de espesor, formado por especies del briófito *Sphagnum* (Beck datos no publicados).

En estos páramos yungueños no se tienen las condiciones climáticas favorables para el uso agropecuario. En la actualidad casi no vive gente allá, pero el paisaje y la cobertura vegetal muestran signos de la presencia humana. Ocasionalmente se encuentran senderos empedrados y escalonados, llamados *caminos del Inca*, con restos de muros de las casas construidas por culturas pasadas. En la época de la Conquista y con el auge de la minería aumentaron los senderos. La explotación minera favoreció los asentamientos permanentes, donde vivían familias con cultivos y hatos de ganado. Es casi seguro de que esta influencia humana puntual no es la causa de la transformación del paisaje boscoso de estos ambientes en un pajonal, tampoco el chaqueo ni el pastoreo

incipiente, sino más bien las quemas ocasionales. Hasta hoy en día –en años de extrema sequía– los incendios mantienen estos ecosistemas (Laegaard 1992). En varias zonas del páramo yungueño continúa el pastoreo y la explotación de maderas, cañas y leña.

La comparación de la vegetación en el mismo piso altitudinal muestra ecosistemas distintos: El bosque bajo natural con numerosas especies endémicas y de distribución restringida fue cambiado a un mosaico de pajonal y bosque con especies, en su mayoría de distribución amplia y resistente a las quemas periódicas. La tendencia en el aumento de las sequías amenaza la sobrevivencia de estos fragmentos y de los bosques húmedos de la ceja de montaña.

Áreas salinas con halófitas: Las áreas con acumulación de sales se encuentran en el altiplano sur, entre los departamentos de La Paz y Oruro, alrededor de los salares y lagunas altoandinas salinas, como Laguna Colorada y otras lagunas del sur de Potosí. Estas áreas tienen suelos arcillosos lo cual favorece las inundaciones en la época de lluvias. Las costras salinas superficiales se forman por efecto de la alta evaporación diurna. La alta concentración de sales determina una baja diversidad de especies y un aumento en la proporción de hierbas anuales (Gehler 1992). La cubierta vegetal, que aparece como manchas aisladas está formada por cojines de khota (*Frankenia triandra*) y matas suculentas de kauchi (*Suaeda foliosa*). También son frecuentes *Sarcocornia pulvinata*, *Atriplex nitrophiloides* y *Distichlis humilis* (García 2006). Varias de estas especies se caracterizan por un potencial osmótico muy alto, que les permite obtener agua del medio (Geyger *et al.* 1992).

El Altiplano sur correspondiente a la puna desértica ha sido descrito florísticamente por Fries (1905) y Fiebrig (1911). Varios años después, Cárdenas (1932) publicó una breve descripción de las plantas potosinas. Entre 1979 y 1980, Liberman y Ruthsatz realizaron colecciones de plantas en el SO de Bolivia. Alzérreca & Lara (1987) elaboraron un mapa de vegetación en alrededores de Laguna Colorada. Jordan (1983) en su trabajo sobre dunas de Bolivia incluyó referencias sobre las especies típicas de formaciones arenosas del sur de Potosí. En el diagnóstico de recursos naturales de la Reserva de Fauna Altoandina Eduardo Abaroa, García & Hinojosa (1990) realizaron una descripción de la vegetación y elaboraron una lista de aproximadamente 100 especies coleccionadas en el reconocimiento de terreno efectuado. Navarro (1993) publicó un tratamiento extenso sobre las comunidades vegetales del Altiplano sur, identificadas en base al método fitosociológico. Navarro (1996) también publicó el catálogo de las cactáceas de Bolivia, citando especies de la región de Lípez. Al final de 1993 se llevó a cabo una breve expedición botánica de investigadores de Smithsonian Institution en el Altiplano sur con énfasis en gramíneas, la cual contribuyó con nuevos registros. Las muestras producto de estas colecciones se encuentran depositadas en el Herbario Nacional de Bolivia en la ciudad de La Paz. Una lista de 187 especies fue registrada en García (1997) en el Plan de Manejo de la Reserva Eduardo Abaroa y en García (2006), en una descripción general de los Lípez. Dentro del programa de selección de Sitios Ramsar, se elaboró un diagnóstico general de dos lagos salinos, Poopó y Uru Uru del departamento de Oruro (Rocha 2002) con referencias de la flora y vegetación del lugar (Alcoba & Saez 2002).

Bofedales o humedales de turbera: En los Andes altos se encuentran turberas a lo largo de la cordillera, desde Venezuela y Colombia hasta Chile y Argentina. En Bolivia y Perú se les llama por lo general bofedales, a veces también ciénega y vegas, como en Argentina y Chile. En la puna (*s.l.*) de Argentina, Chile, Bolivia y norte de Perú los bofedales fueron intensamente estudiados durante los últimos años en relación con su composición florística, ecología y aspectos biogeográficos por Ruthsatz (1993, 1995, 2000). Rivas-Martinez & Tovar (1982) han

descrito comunidades vegetales altoandinas de los Andes Centrales del Perú. Gutte presentó en 1980 un estudio fitosociológico de los bofedales del centro de Perú. Seibert & Menhofer (1992) describieron y caracterizaron las comunidades vegetales en la región de los Kallawayas, cerca al límite con el Perú, tomando en cuenta también los bofedales. Estudios locales con énfasis en la vegetación altoandina fueron realizados en los alrededores de La Paz (Ostria 1987, Estenssoro 1991, Gonzales 1997, Meneses 1997).

En Bolivia, los bofedales se ubican en el Altiplano y en ambas cordilleras en un rango altitudinal entre 3.800 y 5.000 m. Cubren áreas relativamente pequeñas a veces muy localizadas, bajo condiciones climáticas muy variables con precipitaciones menores a 100 mm hasta mayores a los 1.000 mm. Representan típicamente una formación vegetal azonal. Forman un mosaico de cojines elevados duros, parches de un césped denso o abierto, pequeños manchones de gramíneas en matas en el borde, numerosos y pequeños pozos, lagunas y riachuelos. Su extensión más grande se observa en el fondo de valles glaciares anchos, aunque también se forman en las laderas, al lado de riachuelos o alrededor de manantiales. El factor determinante por la formación de los bofedales es el agua superficial y subterránea, que da vida a estos ecosistemas. Las aguas pluviales casi no contribuyen con minerales. Estos bofedales corresponden a turberas de tipo minerótrofo-solígeno (fen en inglés y Niedermoor en alemán); no son equivalentes a los bogs ácidos o Hochmoore del norte, que tienen un número muy reducido de especies vasculares.

Ruthsatz (2000) encontró alrededor de 160 especies en total, de las cuales solamente 29 crecen en más del 40% de los bofedales, 42 especies se observan en 10-40% de éstos y 35 especies presentan una constancia menor al 10%. El resto se encuentra en el borde de los bofedales y en lugares alterados. Para cada bofedal fueron registradas entre 25 y 40 especies (Tablas 6 y 7).

Existen algunas diferencias regionales en la distribución de las especies de la flora acompañante. Por lo general, la diversidad de las especies es algo más rica en los bofedales de la Cordillera Oriental, por ejemplo ahí se encontraron solamente *Arjona glaberrima* e *Isoetes andicola*. Los bofedales contribuyen esencialmente para la alimentación del ganado doméstico y animales silvestres, en especial durante la época seca. Rebaños de todos los animales domésticos se observan en el bofedal durante la época de escasez de pastos. También tienen una importancia biológica como sitios de alimentación, refugio y nidificación de la fauna andina; las alpacas pastorean preferentemente en estos bofedales, cortando las puntas de las hojas de los cojines, en menor cantidad se ven llamas y ovejas. El más grande peligro lo representan los chanchos domésticos, que destruyen la capa vegetal buscando raíces y rizomas.

Aparentemente los campesinos sabían aprovechar los bofedales ya hace siglos atrás. Existen signos claros de que ellos ayudan a formar bofedales artificiales (Ruthsatz 2000), porque utilizan además sus aguas para riego de los cultivos y para su propio consumo. Rara vez se ha registrado su uso como combustible, con la fabricación de briquets de turba para cocinar o calentar. Cerca de las ciudades se explotan los bofedales para vender la turba para los jardines urbanos, reduciendo en estas áreas la capacidad de retención de agua y dañando el suministro de agua potable a largo plazo. Otros aspectos relacionados con su papel como reguladores hidrológicos y como depósitos de macrorrestos vegetales y pólenes fósiles para los estudios paleoclimáticos (Estenssoro 1991), les confieren una importancia ecológica única, a la vez que demandan su conservación.

Vegetación acuática: Las referencias más antiguas sobre las algas y otras plantas presentes en el Lago Titicaca datan de 1939, con los trabajos de Frenguelli (1939) citado en Iltis

Tabla 6: Especies principales formadores de los cojines duros (modificado de Ruthsatz 2000).

Especie	Familia	Frecuencia	Rango altitudinal (m)
Distichia muscoides	Juncaceae	muy alta	4.200-4.800
Plantago tubulosa	Plantaginaceae	muy alta	3.900-4.700
Zameioscirpus muticus	Cyperaceae	media	4.200-4.700
Oxychloe andina	Juncaceae	media	4.100-4.700
Patosia clandestina	Juncaceae	rara	3.900-4.400
Distichia filamentosa	Juncaceae	muy rara	4.600-4.900

Tabla 7: Especies entremezcladas en los cojines (modificado de Ruthsatz 2000).

Especie	Familia	Frecuencia	Rango altitudinal (m)
Werneria pygmaea	Compositae	muy alta	3.800-4.700
Hypochaeris taraxacoides	Compositae	alta	3.800-4.700
Juncus stipulatus	Juncaceae	alta	3.800-4.700
Phylloscirpus deserticola	Cyperaceae	alta	3.800-4.700
Carex sp.	Cyperaceae	alta	3.800-4.750

(1991) sobre diatomeas de la zona litoral y de Tutin (1940) sobre las colecciones realizadas durante la Expedición Percy Sladen en 1937. Posteriormente, entre 1956 y 1977 varios autores se refieren al fitoplancton. Otros trabajos se realizaron desde 1979 hasta 1989 en el lago Titicaca y otros lagos de la cordillera. De acuerdo con estos trabajos, un 90% de la flora corresponde a tres tipos de algas: cianofíceas, clorofíceas y diatomeas, seguidas de euglenófitas, pirófitas, xantofíceas y crisofíceas (Iltis 1991). Este autor menciona que el número de especies conocidas (260) resulta bajo para un lago de la extensión del Titicaca y con biotopos tan diversos. También señala que, a pesar de la ubicación intertropical del lago Titicaca, hay una menor proporción de taxa pantropicales o subtropicales respecto a las formas cosmopolitas. Existen muy pocas especies que pueden considerarse endémicas: diatomeas como *Cyclotella* y *Peridiniopsis*, a pesar de ser una cuenca endorreica que tiene efecto marcado en los endemismos animales (Iltis 1991). Varias orillas presentan islas flotantes de totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora*) que mantiene comunidades asociadas de macrófitas y representa refugio para varias especies de peces (Collot 1980, Loza 2005).

Una comparación de la flora algal del lago Titicaca con otras floras muestra ciertas afinidades con lagos de la Cordillera de los Andes, diferencias importantes con otros 18 lagos tropicales y mucho más pronunciadas con 13 lagos templados. Las cianofíceas forman el grupo más abundante en los lagos andinos respecto a los lagos alpinos de zonas templadas y las aguas dulces amazónicas de Bolivia. Pocas afinidades con los lagos de llanura o montanas de regiones templadas. Mayores similitudes con floras de zonas tropicales de Sudamérica. Carney *et al.* (1987) a partir de estudios anteriores del Perú, sugieren que existe una región biogeográfica característica de los Andes Centrales, aunque se necesitan mayores inventarios, principalmente en lagos andinos poco o nada estudiados (Iltis 1991). Los lagos andinos de altura tienen también una alta proporción de clorofíceas (clorococales) y

desmidiáceas. Estas son más abundantes en los lagos andinos situados entre 4.300-4.900 (Iltis 1991).

Las plantas vasculares acuáticas de Bolivia fueron estudiadas de forma amplia en años recientes por Ritter (2000), De la Barra (2003) y Beck *et al.* (2000) presentan resúmenes de la vegetación acuática de Bolivia, que incluyen la región altoandina y puna. Los registros específicos del Lago Titicaca, los lagos de la cordillera y del Altiplano se encuentran en Raynal-Roques (1991). Otros estudios sobre macrófitas se han realizado en diferentes lagunas de la puna (Ramirez & Beck 1979, Franken 1988, Stab 1990, Liberman *et al.* 1991). En Rocha (2002) se encuentra una descripción de los humedales y lugares Ramsar de los lagos Poopó y Uru Uru, en Oruro. Estos estudios muestran la riqueza de especies y las formas de vida. A través de estos trabajos y las monografías de grupos seleccionados, se conoce que las plantas comunes son *Azolla filiculoides* (Azollaceae, Pteridophyta), *Myriophyllum quitense* (Haloragaceae), *Hydrocotyle ranunculoides* (Apiaceae), *Elodea potamogeton* (Hydrocharitaceae), *Stuckenia pectinata, S. stricta* (Potamogetonaceae), *Ruppia maritima* (Ruppiaceae), *Zannichellia andina, Z. palustris* (Zannichelliaceae), *Lemna gibba, L. minuta* (Lemnaceae) y *Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora* (Cyperaceae). Esta última junto con las especies de *Isoetes* (Pteridophyta), *Myriophyllum* y *Lilaeopsis* son típicamente andinas, mientras que las especies de *Lemna, Ruppia, Ranunculus, Hydrocotyle* y *Zannichellia palustris* son cosmopolitas. Estas plantas se encuentran en los lagos y lagunas o en pequeños pozos como *Lilaea,* (Juncaginaceae) desde la orilla hasta una profundidad aproximada de 9 m (Collot 1981, 1982). Collot *et al.* (1983) en su estudio sobre la distribución, biomasa y producción de las macrófitas en el lago Titicaca concluyen que las comunidades de macrófitas se relacionan con la profundidad, con el tipo de orillas y con la densidad de las totoras. Casi un tercio del fondo del lago Titicaca menor está cubierto por el alga *Chara*, seguida por *Potamogeton*. En este trabajo se distinguieron las siguientes comunidades desde la orilla hacia dentro del lago: Comunidad de *Lilaeopsis* e *Hydrocotyle,* comunidad de *Myriophyllum-Elodea,* comunidad de *Schoenoplectus californicus,* comunidad de *Lemna* y *Azolla,* comunidad de *Chara,* comunidad de *Potamogeton.*

Los lagos y sus áreas pantanosas alrededor de los altos valles andinos tienen especies que no están presentes en el lago Titicaca como *Ranunculus mandonianus, Isoetes herzogii, Callitriche heteropoda, Crassula, Eleocharis albibracteata* y *Rorippa nasturtium-aquaticum*. La mayoría de las plantas acuáticas son utilizadas como forraje para los animales además de que los totorales mantienen comunidades de peces y aves acuáticas que sirven de alimento a los pobladores.

Flora criptogámica: Inventarios preliminares de líquenes y descripciones de sus comunidades se encuentran en los trabajos de Tassilo Feuerer del Instituto Botánico de Hamburgo, disponible en su página web, junto con estudios sobre su valor como bioindicadores (Anze 1993, Canseco 2004). En los Andes se han estudiado micorrizas arbusculares en proyectos conjuntos con el IRD (ex ORSTOM) en terrenos de uso agrícola (Sivila 1994, Lipa 2006, R. Sivila & D. Hervé, en prep.).

Usos en los ecosistemas de la puna

A continuación se presenta un resumen de las formas de uso de los recursos de la puna, en términos de paisaje, suelos, vegetación y flora.

Prácticas agrícolas, pecuarias, mineras

En la puna las actividades mineras, agrícolas y pecuarias son muy antiguas. En Potosí, los yacimientos de plata del Cerro Rico ya fueron explotados en la época de la Colonia. En La Paz, Oruro y Potosí, a lo largo de las dos ramas de los Andes y el altiplano se explotan oro,

estaño, plata, cobre, zinc, plomo y wolfram. La puna desértica, en el extremo sur del departamento de Potosí tiene importantes acumulaciones del mineral de bórax, la ulexita y también yacimientos de azufre. En varios cerros y ríos de estos departamentos se extrae oro, tanto por empresas privadas como por cooperativistas. El lavado de oro y extracción de minerales se da muchas veces dentro de las áreas protegidas (Apolobamba, Cotapata) y el mercurio que se utiliza para la amalgamación es transportado por los diferentes ríos hasta la llanura beniana. El IRD junto con instituciones universitarias se encuentra estudiando y cuantificando los niveles de mercurio en los afluentes del río Mamoré. Se está evaluando la bioacumulación y magnificación en peces y en los pobladores, consumidores del agua y los pescados.

Las minas privadas más grandes tienen sus actividades regidas por la Ley del Medio Ambiente y su reglamento, que establece que deben mitigar el impacto sobre el entorno y realizar labores de restauración.

En todos los sectores de las cordilleras y el Altiplano se realizan labores agrícolas y, en la mayor parte de ellos, se combina con el pastoreo de animales: camélidos, vacunos, ovinos. Para ello se utilizan las laderas y las planicies, junto con los bofedales.

Los principales cultivos son los tubérculos andinos: papa *(Solanum andigenum*), oca (*Oxalis tuberosa*), papalisa o ulluco (*Ullucus tuberosus*) e isaño *(Tropaeolum tuberosum*), que se tratan extensamente en un capítulo de este libro. En menor grado se cultivan tarwi (*Lupinus mutabilis*), haba, cebada, avena y alfalfa, estos últimos principalmente para forraje. En algunas comunidades se mantiene el cultivo de raíces andinas como maca (*Lepidium meyenii*), mauka (*Mirabilis expansa*), aunque en pequeña escala (Rea 1985). En el altiplano árido se produce quinua y cañahua.

Las especies forrajeras ya han sido mencionadas en la parte correspondiente a las praderas y los bofedales, si bien hay que mencionar que también se tienen pastos introducidos como *Agropyron, Dactylis glomerata, Lolium perenne.* El pasto nativo *Bromus catharticus* cebadilla es uno de los forrajes más palatables y nutritivos, por lo que se cultiva en varios lugares de la puna húmeda y semihúmeda.

En las zonas alrededor del lago Titicaca y las lagunas andinas las macrófitas son ampliamente utilizadas por las comunidades de las orillas como alimento del ganado vacuno. Se utilizan la totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora*), waca llachu (*Myriophyllum quitense*), hancha o chanco llachu (*Elodea potamogeton*) y chillka llachu (*Stuckenia stricta*). La totora tiene también otros usos. Los tallos verdes y parte de los rizomas son consumidos por las familias asentadas en las riberas mientras que los tallos aéreos (totora amarilla) tienen uso artesanal para la construcción de botes o techos. Se encuentran todavía descendientes de los Urus que viven en islas flotantes y casas fabricadas con totora. Se reporta el uso de las especies conocidas como llachu también como relleno de colchones y como combustible (para los Urus). De acuerdo con Levieil & Orlove (1991), cada especie de macrófitas, cada parte de la planta y cada etapa del desarrollo tienen un uso particular. Sin embargo, a pesar de tener algunos datos, faltan estudios sobre la importancia socioeconómica de estas plantas.

Plantas combustibles

En todo el Altiplano el recurso de mayor necesidad es la leña, por el frío y por la distancia a ciudades y pueblos donde se distribuya gas. Las comunidades vegetales de todos los ambientes de la puna tienen especies que pueden ser utilizadas como leña. Estas especies se caracterizan por ser resinosas o por arder sin consumirse rápidamente Entre las plantas combustibles más utilizadas están las tolas (géneros *Baccharis* y *Parastrephia*) y la yareta (*Azorella compacta*). Otras especies se muestran en la siguiente tabla (Tabla 8).

Varias plantas que crecen en los diferentes tipos de vegetación andinos tienen utilidad para los pobladores, por ejemplo, el ñoke, amañoke o sicha (*Ombrophytum subterraneum*) una balanoforácea parásita de las raíces de las tolas, es comestible y los habitantes de la puna han aprendido a reconocer las características de los suelos en los que se pueden encontrar estas plantas. Otras plantas comestibles son aquellas que tienen raíces reservantes como especies de *Lepidium, Calandrinia, Wahlenbergia* o frutos como varias cactáceas, especies de *Salpichroa* (Solanaceae).

En los lugares donde no hay árboles que puedan aprovecharse como material de construcción, las mesas, sillas y puertas son hechas con la madera que se obtiene de los cardones (*Trichocereus tarijensis, T. pasacana*) cactus columnares que pueden alcanzar varios metros de alto. Los techos de las viviendas tradicionales, hechas de adobe, utilizan paja para dar firmeza a la mezcla de barro y para los techos. Se prefieren las hojas de la gramínea *Festuca dolichophylla* que son largas y flexibles.

En todas las comunidades se utilizan varias de las especies que crecen en la puna con fines medicinales. Diferentes autores se han ocupado del tema de las plantas medicinales (Cárdenas, 1989, Girault 1984, Bastien 1987, Fisel 1989, Pestalozzi 1998, Macía *et al.* 2005) con distinta profundidad y enfoque. Algunos de los estudios han analizado más el concepto de enfermedad y las relaciones del hombre andino con las plantas, mientras que otros han registrado las plantas utilizadas y su forma de preparación y aplicación. Son muchas las familias de plantas que tienen especies con uso medicinal, sobre todo las Caryophyllaceae (*Arenaria, Cerastium, Pycnophyllum, Spergularia*), Compositae (*Achyrocline, Gnaphalium, Senecio, Werneria*), Lamiaceae (*Hedeoma, Lepechinia, Clinopodium*), Leguminosae (*Adesmia, Astragalus, Lupinus*),

Tabla 8: Plantas utilizadas como leña en los Lípez, con datos del nombre vernacular, nombre científico y familia botánica, basado en (García e Hinojosa 1990, García 1997 e Hinojosa *et al.* 2002).

Nombre vernacular	Nombre científico	Familia
Yareta	*Azorella compacta*	Apiaceae
Phesqu thola	*Baccharis boliviensis*	Asteraceae
Lejia thola	*Baccharis tola* var. *viscosissima*	Asteraceae
Oke thola	*Chersodoma jodopappa*	Asteraceae
Chajllampa	*Chuquiraga atacamensis*	Asteraceae
Quiru thola/quirota	*Parastrephia lepidophylla*	Asteraceae
Uno thola/yacu thola	*Parastrephia lucida*	Asteraceae
Phulica thola	*Parastrephia quadrangularis*	Asteraceae
Chachacoma	*Senecio* cf. *spinosus*	Asteraceae
Cuerno de cabra	*Adesmia occulta*	Fabaceae
AHagüe thola	*Adesmia polyphylla*	Fabaceae
Canlla	*Adesmia spinosissima*	Fabaceae
MuHa thola	*Clinopodium parvifolia*	Lamiaceae
Tara	*Fabiana densa*	Solanaceae
Koa thola	*Fabiana squamata*	Solanaceae
Rica rica	*Acantholippia tarapacana*	Verbenaceae
Lamphaya	*Lampaya castellani*	Verbenaceae

Malvaceae (*Acaulimalva, Nototriche*), Plantaginaceae (*Bougueria, Plantago*), Rosaceae (*Lachemilla, Polylepis, Tetraglochin)*, Solanaceae (*Cestrum, Solanum*), Valerianaceae (*Valeriana*) y Verbenaceae (*Acantholippia, Junellia, Lampaya, Verbena*). Además, están representantes de las pteridofitas como *Asplenium, Cheilanthes* y *Polypodium*, que crecen en ambientes de la puna y el páramo y gimnospermas como *Ephedra rupestris*. Entre las plantas tintóreas se registraron el ayrampo *(Opuntia soehrensii*), las tolas (*Baccharis*), los frutos de *Berberis* (Cajías & Fernández 1987, Pestalozzi 1998).

En las ceremonias rituales realizadas en diferentes circunstancias (siembra, cosecha, celebración del final de una construcción, de una compra y otros) se utilizan plantas mágicas que se queman y que son llamadas de forma general koa (*Clinopodium boliviana, C. parviflora, Fabiana squamata, Chuquiraga atacamensis*).

Tradición de manejo de los ecosistemas de la puna

El Altiplano cubre 24 millones de hectáreas (22% de Bolivia), de los cuales 10.8 millones corresponden a tierras de pastoreo o campos agrícolas. En esta superficie está concentrada además un 50% de la población rural (Banco Mundial 1993 en Morales 1994). En general, las difíciles condiciones climáticas ocasionan que la productividad sea baja. La falta de agua durante varios meses al año, las heladas, niveles bajos de nutrientes y materia orgánica de los suelos son la causa para que la cobertura vegetal sea escasa y la producción agrícola riesgosa (Hanagarth 1989). Varios intentos de solución a la excesiva presión sobre los suelos se relacionaron con la extensión de la frontera agrícola y el traslado de los pobladores a las tierras bajas (Santa Cruz, Beni, Yungas, Chapare). También se realizaron esfuerzos para introducir técnicas de fertilización química, mecanización, manejo de pasturas y riego en pequeña escala. Los grandes proyectos Ingavi, Omasuyos y Ulla Ulla fueron financiados por el Banco Mundial bajo el programa Desarrollo Integrado hasta 1986 pero no tuvieron resultados sostenibles. Solamente se mantuvo el subprograma de recuperación de la población de vicuñas en Ulla Ulla (hoy ANMI Apolobamba). Actualmente se desarrollan proyectos sobre temas puntuales, en su mayor parte con apoyo de organizaciones no gubernamentales (Morales 1994).

Las estrategias culturales del uso de los recursos forrajeros en la puna está ampliamente documentado (Molinillo & Monasterio 1997) y varias de las técnicas son comunes en todos los países andinos. En la puna de Bolivia se tiene una alternancia en el uso de las laderas y los fondos de valle. En época húmeda el pastoreo se concentra en los céspedes de los fondos de valle y los tolares o matorrales de las laderas. En la época seca, el forraje se restringe a los bofedales y praderas húmedas con mayor concentración de los rebaños. En las zonas de producción agrícola, la ganadería se maneja en el marco del cultivo de tubérculos y raíces, además de gramíneas. Los animales aprovechan los cultivos, los rastrojos y los barbechos o terrenos en descanso, en distintos estados de sucesión. Se practican la rotación y el descanso aunque con intervalos cortos, entonces no hay un verdadero aumento de la diversidad de especies palatables. Hasta el momento se han realizado varios estudios y ensayos, pero falta profundizar el inventario de los forrajes, su valor nutritivo, su palatabilidad y los hábitos de dieta de los distintos animales (García 1992).

La conservación de la puna

En la tabla de sitios sudamericanos identificados como centros de diversidad vegetal y de endemismo, figuran con un sitio altoandino en Argentina y Chile, Perú con un sitio de la puna, pero no se nombra ninguna región en Bolivia (WWF & IUCN 1994-1997).

Esta falta de atención es el resultado de un insuficiente conocimiento de la puna de Bolivia.

La puna de Bolivia es una región muy amplia con una alta diversidad de ecosistemas y especies, varios centros de origen de plantas de importancia económica y varios endemismos. Ha sido y es el lugar de establecimiento de varias culturas Aymara, quechuas y mestizas, con una larga historia de latifundio y minifundio, a partir de la Reforma Agraria de 1952, y falta de definiciones sobre la tenencia de la tierra. Su diversidad biológica, ecológica, cultural y social le da la potencialidad de conservar germoplasma *in situ*, junto con la capacidad de tolerar la acción permanente del hombre y la naturaleza. Sin embargo, varios lugares empiezan a mostrar signos de degradación por erosión, salinización, producto de la acción combinada de prácticas inadecuadas de cultivo, por el sobrepastoreo y el cambio climático (calentamiento global, aumento en la frecuencia y duración de las sequías).

Los ecosistemas de puna de Bolivia están representados en varias áreas protegidas como el ANMI Apolobamba, el PN-ANMI Madidi, PN-ANMI Cotapata, PN Sajama y la Reserva Altoandina Eduardo Abaroa. A partir de 1990, Bolivia pertenece a la Convención sobre Humedales con ocho sitios Ramsar, tres de los cuales se encuentran en la puna: Laguna Colorada (Potosí), Lago Titicaca (La Paz), lagos Poopó y Uru Uru (Oruro) (Rocha 2002). Sus características de vegetación y flora particulares las hacen únicas en el país y su gestión también requiere acciones diferentes. En todas ellas es importante mantener y mejorar la participación de los actores locales, integrar las áreas protegidas en las políticas socioeconómicas del país (Ribera & Liberman 2006) y paralelamente desarrollar programas de conservación, que involucren estudios a nivel paisaje y medidas de restauración.

Referencias

Ahlfeld, F. & L. Branisa. 1960. Geología de Bolivia. Instituto Boliviano del Petróleo, Edit. Amigos del Libro, Cochabamba. 190 p.

Alcoba, M. & C. Saez. 2002. Vegetación y flora. Pp. 25–42 En: Rocha, O. (ed.) Diagnóstico de los Recursos Naturales y Culturales de los lagos Poopó y Uru Uru, Oruro, Bolivia (para su nominación como Sitio Ramsar). Convención RAMSAR, WCS/Bolivia. La Paz.

Alzérreca, H. & R. Lara. 1987. Mapa de vegetación y caracterización de forrajeras nativas de la Reserva Nacional Altoandina "Eduardo Abaroa". Pp. 389–398 En: Memorias de la 8a. Reunión Nacional de ABOPA (Sucre 11 – 15 septiembre 1985). ABOPA, Sucre.

Alzérreca, H., J. Laura C., G. Prieto C., J. Céspedes E., P. Calle M., A. Vargas A. & A. Cardozo G. 2002. Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema TDPS. Bolivia Autoridad Binacional Programa de Naciones Unidas del Lago Titicaca para el Desarrollo (ALT), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA), CD-ROM, La Paz. 520 p.

Anze, R. 1993. Ensayos para la utilización de líquenes del valle de La Paz como indicadores de contaminación atmosférica por dióxido de azufre. Tesis de licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 95 p.

Bastien, J. W. 1987. Healers of the Andes. Kallawaya Herbalists and their medicinal plants. University of Utah Press, Salt Lake City. 198 p.

Baumann, F. 1988. Geographische Verbreitung und Ökologie südamerikanischer Hochgebirgspflanzen. Beitrag zur Rekonstruktion der quartaeren Vegetationsgeschichte der Anden. Physische Geographie 28: 1-206.

Beck, S. G. 1985. Flórula ecológica en Bolivia. 1: Puna semiárida en el altiplano boliviano. Ecología en Bolivia 6: 1-41.

Beck, S. G. 1988. Las regiones ecológicas y las unidades fitogeográficas de Bolivia. pp. 233-271 En: Morales, C. de (ed.) Manual de Ecología. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Beck, S. G. 1995. El páramo yungueño de Bolivia, datos acerca de la flora y vegetación. Pp. 20-20. En: C. Josse & M. Rios (eds.) Resumen II Congreso Ecuatoriano de Botánica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Beck, S. G. 1998. Ecología y fitogeografía de las gramíneas de Bolivia. pp. 1-10. En: S. A. Renvoize. Gramíneas de Bolivia. Royal Botanic Gardens, Kew.

Beck, S. G. & H. Ellenberg. 1977. Posibilidades de desarrollo en la zona andina desde el punto de vista ecológico. Ministerio de Cooperación Económica, Bonn. 142 p.

Beck, S. G. & E. García. 1991. Flora y vegetación en los diferentes pisos altitudinales. Pp. 65-108 En: E. Forno & M. Baudoin (eds.). Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Beck, S. G., Sarmiento, J., Paniagua, N., Miranda C. & M. Ribera. 2000. Humedales de Bolivia, una aproximación a su conocimiento actual. Homenaje al Dr. h.c. Troels Myndel Pedersen. Universidad Nacional de Nordeste, Corrientes, Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria (Buenos Aires) 54: 119-150.

Cabrera, A. L. 1957. La vegetación de la puna argentina. Revista de Investigaciones Agrícolas 11: 317-412.

Cabrera, A. L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Pp. 1-85 En: Kugler, W.F. (ed.). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, seg. Edicion, Vol. 2(1). ACME, Buenos Aires.

Cabrera, A. L. 1978. Flora de la Provincia de Jujuy. Parte 10. Compositae. Colección Científica del I.N.T.A. Buenos Aires. 725 p.

Cabrera, A. L. & A. Willink 1973. Biogeografía de América Latina. Serie Biología. Monografía N°13. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington DC. 117 p.

Cajías, M. & B. Fernández 1987. Manual de tintes naturales. Manual Técnico 12. Servicios Múltiples de Tecnologías Apropiadas, La Paz. 120 p.

Canseco, A. 2004. Comunidades de líquenes: Indicadoras del nivel de calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia. Tesis de licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 113 p.

Cárdenas, M. 1932. Contribución al estudio de la Flora del sud de Bolivia. Plantae Potosinae Catálogo (1): 1-25.

Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. 2. edición. Los Amigos del Libro, Cochabamba. 333 p.

Carney, H. J., P- J. Richerson & P. Eloranta. 1987. Lake Titicaca (Peru / Bolivia) phytoplankton: Species composition and structural comparison with other tropical and temperate lakes. Arch. Hydrobiol. 110: 365-385.

Capra S., M. E. 1996. El páramo yungueño. Estudios de la vegetación, clima y suelos en el área Pongo-Cotapata. Tesis en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 93 p.

Collot, D. 1981. Les macrophytes de quelques lacs andins (lac Titicaca, lac Poopó, lacs des vallées d'Hichu Kkota et d'Ovejhuyo). ORSTOM, La Paz. 115 p.

Collot, D. 1982. Vegetación acuática del lago Poopó. Ecología en Bolivia 1: 47–55.

Collot, D., F. Koriyama & E. García. 1983. Répartitions, biomasses et productions des macrophytes du lac Titicaca. Rev. Hydrobiol. Trop. 16(3): 241-261.

Dejoux, C. & A. Iltis (eds.) 1991. El lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual. ORSTOM. Hisbol, La Paz. 584 pp.

De la Barra, N. 2003. Clasificación ecológica de la vegetación acuática en ambientes lacustres de Bolivia. Rev. Bol. Ecol. 13: 65-93.

Dollfus, O. 1984. Desarrollo de las formas del aprovechamiento de tierras en los Andes Centrales. En: Paul T. Baker (ed.). Población Humana e Interacciones con la Biosfera en los Andes Centrales. Informe sobre los conocimientos actuales de los ecosistemas andinos. MAB 2: 55-69.

Dollfus, O. 1996. Los Andes como memoria. Pp. 11-29 En: Morlon, P. (ed.). Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales, Perú-Bolivia. IFEA & CBC, Lima.

Ellenberg, H. 1958. Wald oder Steppe? Die natürliche Pflanzendecke der Anden Perus I, II. (Bosque o estepa? La cobertura vegetal natural de los Andes de Perú). Umschau in Wissenschaft und Technik 58: 645-648, 22: 679-681.

Ellenberg, H. 1966. Leben und Kampf an den Baumgrenzen der Erde (Vida y lucha en los

limites de crecimiento arbóreo de la tierra). Naturwiss. Rundschau 19 (4): 133-139.

Ellenberg, H. 1979. Man's influence on tropical mountain ecosystems in South America. The second Tansley Lecture. Journal of Ecology 67: 401-416.

Ellenberg, H. 1981. Desarrollar sin destruir. 2da. edición. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 55 p.

Ellenberg, H. 1992. Forword. Pp. v-vi En: Balslev, H. & J. Luteyn (eds.) Páramo - an Andean Ecosystem Under Human Iinfluence. Academic Press, Londres.

Ellenberg, H. 1996. Paramos und Punas der Hochanden Suedamerikas, heute grossenteils als potentielle Waelder anerkannt. (Paramos y punas de los Andes altos de Sudamérica, hoy en día mayormente reconocidos como bosques potenciales). Verhandlungen der Gesellschaft fuer Oekologie 25: 17-23.

Estenssoro, E. S. 1991. Los bofedales de la cuenca alta del valle de La Paz. Pp. 109-121 En: Forno, E. & M. Baudoin (eds.). Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Fiebrig, K. 1911. Ein Beitrag zur Pflanzengeographie Boliviens. Pflanzengeographische Skizze auf Grund einer Forschungsreise im andinen Suden Boliviens. Bot. Jahrb. 45: 1-68.

Fisel, U. 1989. Huaraco. Una comunidad campesina en el altiplano central de Bolivia. Observaciones sobre plantas, tierra y vida de la gente. Ecología en Bolivia 14: 35-72.

Flores, Y., J. R. Villagómez, N. M. Blanco, L. Salcedo, O. Sterner & G. R. Almanza. 2004. Defense mechanisms of Bolivia highland plants. Revista Boliviana de Química 21(1): 36-41.

Foster, B. 1984. Puya, the pineapple´s Andean ancester. Journal of the Bromeliaceae 34(4): 205-209.

Franken, M. 1991. Plantas acuáticas. Pp. 511-520 En: Forno, E. & M. Baudoin (eds.). Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Servicio Gráfico Quipus. La Paz.

Frenguelli, J. 1939. Diatomeas del Lago Titicaca. Notas Mus. La Plata 4: 175-196.

Fries, R.E. 1905. Zur Kenntnis der Alpinen Flora in nördlichen Argentinien. Nova Acta Regiae Soc. Sc. Upsal. Ser. 4 1(1): 1-205.

García, E. 1992. El pastoreo y los recursos forrajeros en Bolivia. Pp. 225-263 En: M. Marconi (ed.). Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. Centro de Datos para la Conservación (CDC) y USAID/Bolivia, La Paz.

García, E. 1997. Caracterización de flora y vegetación de la Reserva Nacional de Fauna Andina "Eduardo Abaroa" (informe no publicado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 32 p.

García, E. (comp.) 2001. Yareta ¿Un recurso natural sostenible? Plural Editores, La Paz. 83 p.

García, E. 2006. Flora: Riqueza, uso y amenazas. Pp. 125-140 En: Olivera, M., P. Ergueta & M. Villca Sanjinez (eds.). Conservación y Desarrollo Sostenible en el Suroeste de Potosí, Bolivia. Prefectura del Departamento de Potosí – TRÓPICO, La Paz.

García, E. & I. Hinojosa. 1990. Flora y vegetación. Pp. 128–160 En: IE, CEEDI & MNHN (eds.). Diagnóstico del Estado Actual de los Recursos Naturales en la Región de la Reserva Nacional de Fauna Andina "Eduardo Abaroa", La Paz.

Garcia Lino, M. C. 2005. Estado de conservación de *Puya raimondii* Harms en el valle de Araca, Municipio Cairoma, La Paz, Bolivia. Tesis en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 106 p.

Gehler, E. 1992. Mineralstoffgehalte von Salzböden und Halophyten des bolivianischen Altiplano. Dissertation Georg August Universität, Göttingen. 114 p.

Geyger, E., M. Liberman & J. Lorini. 1992. Ecofisiología de plantas cultivadas y silvestres en el altiplano central de Bolivia. Ecología en Bolivia 19: 1-41.

Gilson, H. C. 1939. Description of the expedition. En: The Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937. Trans. Linn. Soc. London ser. 3,1: 1-20.

Girault, L. 1984. Kallawaya guérisseurs itinérants des Andes. Mem. ORSTOM 107, Paris. 668 p.

Gonzales, J. A. 1985. El potencial agua en algunas plantas de altura y el problema del stress hídrico en alta montaña. Lilloa 36(2): 167–172.

Gonzales Rocabado, M. J. 1997. Comunidades vegetales de morrenas pleistocénicas y holocenicas de los nevados Huayna Potosí, Mururata e Illimani (Cordillera Real, La Paz, Bolivia). Tesis en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 159 p.

Graf, K. 2001. Comparación palinológica entre el páramo y la puna de los Andes sudamericanos. Asociación Paleontológica Argentina. XI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Publicación especial 8: 107-114.

Graf, K. & C. Villarroel A. 2002. Geografía de Bolivia. Aspectos y posibilidades de un país que surge. Instituto Geográfico, Universidad de Zürich, Zürich. 200 p.

Guerlesquin, M. 1981. Contribution a la connaissance des Characées d' Amerique du Sul (Bolivie, Equateur, Guyana française). Rev. Hydrobiol. trop. 14(4): 381-404.

Gutte, P. 1980. Beitrag zur Kenntnis zentralperuanischer Pflanzengesellschaft II. Die hochandinen Moore und ihre Kontaktgesellschaften. Feddes Rep. 91: 327-336.

Gutte, P. 1985. Beitrag zur Kenntnis zentralperuanischer Pflanzengesellschaften. IV. Die grasreiche Vegetation der alpinen Stufe. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 34 (4): 357-401.

Hanagarth, W. 1989. Ecology and risk-spreading in the small-holding agriculture of the semiarid puna in Bolivia. Plant Res. and Devpt. 30: 76-103.

Halloy, S. 1997. Anconquija region. North-western Argentina. Pp. 478-485 En: WWF & IUCN 1994-1997. Centres of Plant Diversity. A Guide and Strategies for Conservation. Vol. 3, Americas. IUCN, Cambridge.

Herzog, Th. 1923. Die Pflanzenwelt der bolivianischen Anden. Die Vegetation der Erde XV. Leipzig. Reprint Vaduz, Gantner 1976. 258 p.

Hinojosa, I., H. Calla, F. Rojas & M. Kirigin. 2002. QueHua, yareta y thola: Especies vegetales combustibles en Potosí, Bolivia. Asociación Boliviana para la Conservación-TROPICO. Edobol®, La Paz. 66 p.

Ibisch, P. L., S. G. Beck, B. Gerkmann & A. Carretero. 2003. Ecoregiones y ecosistemas. Pp. 47-88 En: Ibisch, P. L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Editorial FAN, Santa Cruz.

Ibisch, P., Dingler, B., Obando, G., Soria, A. & Beck, S. G. 1999. *Puya raimondii* Harms in Bolivien - ein Fall für den Artenschutz? Die Bromelie, Sonderheft 4: 1-29.

Iltis, A. 1991. Estudio florístico general. Pp. 193-197 En: Dejoux, C. & A. Iltis (eds.) El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento Limnológico Actual. ORSTOM, Hisbol, La Paz.

Jordan, E. 1983. Los arenales recientes de Bolivia en su múltiple diferenciación. Ecología en Bolivia 3: 1-88.

Kessler, M. & P. Driesch 1993. Causas e historia de la destrucción de bosques altoandinos en Bolivia. Ecología en Bolivia 21: 1-18.

Laegaard, S. 1992. Influence of fire in the grass paramo vegetation of Ecuador. Pp.151-170 En: Balslev, H. & J. Luteyn (eds.). Páramo - an Andean Ecosystem Under Human Influence. Academic Press, Londres.

Lara, R. & H. Alzérreca. 1982. Contribuciones al conocimiento de la vegetación de las tierras altas de Bolivia. Ministerio Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA)-Instituto Nacional de Fomento Lanero (INFOL). Estudios Especializados 32: 1-62.

Levieil, D. & B. Orlove. 1991. Importancia socio-económica de las macrófitas. Pp. 509-515 En: Dejoux, C. & A. Iltis (eds.) El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento Limnológico Actual. ORSTOM, Hisbol, La Paz.

Lewis, M. 1991. Musgos. Pp. 123-149 En: Forno, E. & M. Baudoin (eds.) Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Servicio Gráfico Quipus, La Paz.

Liberman, M. & C. Baied (eds.). 1997. Desarrollo sostenible en ecosistemas de montana: Manejo de áreas frágiles en los Andes. Artes Gráficas Latina, La Paz. 383 p.

Liberman, M., F. Pedrotti & R. Venanzoni. 1991. La vegetación flotante (Clase Lemnetea) del Lago Uru Uru, Dpto. Oruro, Bolivia. Ecología en Bolivia 17: 47–51.

Lipa, F. 2006. Micorrización en plantas colonizadoras y su relación con la sucesión vegetal de parcelas en descanso de la comunidad de Patarani (Provincia Aroma, La Paz). Tesis de licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 52 p.

López, R. P. 2003. Phytogeographical relations of the Andean dry valleys of Bolivia. Journal of Biogeography 30: 1659-1668.

López, R. P. & S. G. Beck. 2002. Phytogeographical affinities and life form composition of the Bolivian Prepuna. Candollea 57(1): 77-96.

Lorini, J. 1991. Clima pp. 27-46 En: Forno, E. & M. Baudoin (eds.). Historia Natural de un Valle

en los Andes: La Paz. Servicio Gráfico Quipus, La Paz.

Loza, F. 2005. Patrones de distribución espacio-temporal de las poblaciones de totora del lago Titicaca Menor 1986-2004. Tesis de MSc en Ecología y Conservación, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 102 p.

Meneses Q., R. I. 1997. Estudio de la vegetación en la zona minera de Milluni (prov. Murillo, depto. La Paz). Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 107 p.

Molinillo, M. & M. Monasterio 1997. Pastoreo y conservación en áreas protegidas de páramo de la Cordillera de Mérida, Venezuela. Pp. 93-109 En: Liberman, M. & C. Baied (eds.) Desarrollo Sostenible Ecosistemas de Montaña: Manejo de Áreas Frágiles en los Andes. Artes Gráficas Latina, La Paz.

Montes de Oca, I. 1997. Geografía y recursos naturales de Bolivia. Edobol, La Paz. 614 p.

Morales, C. B. de. 1988. Manual de ecología. Artes Gráficas Latina, La Paz. 323 p.

Morales, C. B. de. 1994. Huaraco. Comunidad de la puna. Artes Gráficas Latina, La Paz. 261 p.

Mueller-Dombois, H. & Ellenberg, D. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, Nueva York. 547 p.

Navarro, G. 1993. Vegetación de Bolivia: El Altiplano meridional. Rivasgodaya 7: 69-98.

Navarro, G. 1996. Catálogo ecológico preliminar de las cactáceas de Bolivia. Lazaroa 17: 33-84.

Navarro, G. 2002. Vegetación y unidades biogeográficas de Bolivia. pp.1-500 En: Navarro, G. & M. Maldonado (eds.) Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos. Fundación Simón I. Patiño, Cochabamba.

Ostria, C. 1987. Phytoécologie et paléoécologie de la vallée alto-andine de Hichu Kkota (Cordillére orientale Bolivie). Thése Univ., Paris 6. 180 p.

Pestalozzi, H. U. 1998. Flora ilustrada altoandina. La relación entre hombre, planta y medio ambiente en el Ayllu Majasaya Mujlli. M & C Editores, Cochabamba. 244 p.

Posnansky, M. 1982. Los efectos sobre la ecología del altiplano de la introducción de animales y cultivos por los españoles. Pp. 13-22. Centro Pedagógico y Cultural Portales, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Cochabamba.

Ramirez, C. G. & S. G. Beck. 1981. Makrophytische Vegetation und Flora in Gewässern der Umgebung von La Paz, Bolivien. Arch. Hydrobiol. 91: 82-100.

Rangel Ch., J. O. 2004. Patrones de riqueza y diversidad en la flora paramuna. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 39(3-4): 307-314.

Rauh, W. 1988. Tropische Hochgebirgspflanzen. Wuchs- und Lebensformen. Springer, Berlin. 206 p.

Raynal-Roques, A. 1991. Las plantas superiores. Pp. 233-249 En: Dejoux, C. & A. Iltis (eds.) El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento Limnológico actual. ORSTOM, Hisbol, La Paz.

Reiche, K. 1907. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. Die Vegetation der Erde VIII. Engelmann, Leipzig. 374 p.

Renvoize, S. 1998. Gramíneas de Bolivia. Royal Botanic Gardens, Kew. 644 p.

Ribera, M. 1992. Regiones ecológicas. Pp. 9-72 En: Marconi, M. (ed.) Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. CDC-Bolivia / USAID-Bolivia, La Paz.

Ribera, M. O. & M. Liberman. 2006. El uso de la tierra y los recursos de la biodiversidad en las áreas protegidas de Bolivia. Un análisis crítico con propuestas para su conservación y manejo sostenible. SERNAP–GEF II, La Paz. 520 p.

Ribera, M. O., M. Liberman, S. G. Beck & M. Moraes. 1996. Vegetación de Bolivia y mapa de la vegetación y de áreas protegidas. pp. 169-222 En: Mihotek, K. (ed.) Comunidades, Territorios Indígenas y Biodiversidad en Bolivia. CIMAR, Santa Cruz.

Ritter, N. P. 2000. Biodiversity and phytogeography of Bolivia's wetland flora. Ph. D. in Natural Resources Dissertation. University of New Hampshire, Durham. 399 p.

Rocha, O. O. (ed.) 2002. Diagnóstico de los recursos naturales y culturales de los lagos Poopó y Uru Uru, Oruro, Bolivia (para su nominación como Sitio Ramsar). Convención RAMSAR, WCS/Bolivia, La Paz. 240 p.

Ruiz, M. C. 1982. Mineralización del nitrógeno en algunos suelos del departamento de La Paz. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Puras y Naturales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 74 p.

Ruiz, M. C. & Z. Bustamante 1988. Descomposición de la materia orgánica bajo condiciones controladas. Ecología en Bolivia 11: 47-64.

Ruthsatz, B. 1977. Pflanzengesellschaften und ihre Lebensbedingungen in den Andinen Halbwüsten Nordwest-Argentiniens. Dissertationes Botanicae 39: 1-168.

Ruthsatz, B. 1983. Der Einfluss des Menschen auf die Vegetation semiarider bis arider tropischer Hochgebirge am Beispiel der Hochanden. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 96: 533-576.

Ruthsatz, B. 1993. Flora und ökologische Bedingungen hochandiner Moore Chiles zwischen $18^{0}00'$ (Arica) and $40^{0}30'$ (Osorno) südl. Br. Phytocoenologia 23: 157-199.

Ruthsatz, B. 1995. Vegetation und Ökologie tropischer Hochgebirgsmoore in den Anden Nordchiles. Phytocoenologia 25(2): 185-234.

Ruthsatz, B. 2000. Die Hartpolster-Moore der Hochanden und ihre Artendiversitaet. Berichte der R. Tuexen-Gesellschaft (RTG) 12: 351-371.

Salm, H. 1983. Estudio preliminar de suelos del altiplano central de Bolivia. Ecología en Bolivia 4: 43-57.

Stab, S. 1990. Vegetation und Hydrochemie tropischer Hochgebirgslagunen in der Cordillera Real-Bolivien. Diplomarbeit Universität Münster, Münster. 99 p.

Seibert, P. 1993. La vegetación de la región de los Kallawaya y del altiplano de Ulla Ulla en los Andes Bolivianos. Ecología en Bolivia 20: 1-84.

Seibert, P. & X. Menhofer. 1991/92. Die Vegetation des Wohngebietes der Kallawaya und des Hochlandes von Ulla Ulla im den bolivianischen Anden. Phytocoenologia 20 (2): 145-276, 20 (3): 289-438.

Sivila, R. 1994. Comportamiento de la microflora del suelo bajo un agro ecosistema de rotación de cultivo en la región de Huaraco (Altiplano Central). Ecología en Bolivia 23: 33-37.

Sklenar, P., J. L. Luteyn, C. Ulloa Ulloa, P. M. Jørgensen & M. O. Dillon. 2005. Flora genérica de los Paramos. Guía ilustrada de las plantas vasculares. Memoirs of the New York Botanical Garden 92: 1-499.

Troll, C. 1959. Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale und pflanzen-geographische Zonierung. Bonner Geogr. Abhandlungen 24: 1-93.

Troll, C. 1968. The cordilleras of the tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical and agrarian ecology. pp. 15-56. En: Troll, C. (ed.) Colloquium Geographicum. Band 9. Geoecology of the Mountainous Regions of the Tropical Americas. Proceedings of the UNESCO Mexico Symposium 1966.

Tutin, M.A. 1940. The macrophytic vegetation of the Lake Titicaca. En: The Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937. Trans. Linn. Soc. London ser. 3,1(2): 161-189.

Walter, H. 1973. Die Vegetation der Erde in oekophysiologischer Betrachtung. Vol.1 Die tropischen und subtropischen Zonen. 3. Auflage, Gustav Fischer, Jena. 743 p.

Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Nueva edición, revisada y ampliada de la de 1911 "Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden, W. Engelmann, Leipzig", Ministerio de Agricultura, Lima. 776 p.

WWF & IUCN. 1994-1997. Centres of plant diversity. A guide and strategies for conservation. Vol. 3, Americas. IUCN, Cambridge. 562 p.

Young, K. R., B. León, A. Cano & O. Herrera-MacBryde. 1997. Peruvian Puna. Peru. Pp. 470-476 En: WWF & IUCN 1994-1997. Centres of Plant Diversity. A Guide and Strategies for Conservation. Vol. 3, Americas. IUCN, Cambridge.

Zeballos, M., E. Garcia & S. G. Beck. 2003. Contribución al conocimiento de la flora del departamento de Oruro. Artes Gráficas Latina, La Paz. 84 p.

Zuloaga, F. O., O. Morrone & D. Rodríguez. 1999. Análisis de la biodiversidad en plantas vasculares de la Argentina. Kurtziana 27(1): 17-167.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 77-90.

Jalcas

Isidoro Sánchez-Vega[1]* & Michael O. Dillon[2]

[1]Escuela de Postgrado, Herbario CPUN, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú
email: svisidoro@yahoo.com *Autor de correspondencia
[2]Botany Department, The Field Museum, 1400 S. Lake Shore Dr., Chicago, IL 60605 USA
email: dillon@fieldmuseum.org

Abstract

A jalca is a physiographic, floristic, and vegetational unit of the high Andean landscape. Based on botanical explorations, the inventory of species of the jalcas in the herbaria at the Universidad Nacional de Cajamarca (CPUN) and Field Museum (F), and incorporating investigations of the phytosociology and bibliographical information on climate and soils, the jalcas are investigated from different points of view. The area under investigation extends from 8°30' S lat. through the Huancabamba Depression and west to the Rio Marañón at elevations generally above 3,100 m. Based on these parameters, the jalca formations are the common biogeographic formation in the upper Andes of northern Peru, distributed to the west of the Rio Marañón to the western versant. This region is considered to differ from the páramos of southern Ecuador and the puna of the central Andes (>8°S). It is characterized by lower elevations, the absence of permanent snow, hillsides with scarce vegetation, extensive intermountain planes with typical and endemic species. The jalcas on the western slope constitute a hydrological center as they are the source of rivers that flow west toward the Pacific Ocean and east, toward the Rio Marañón, a tributary of the Amazon.
Key words: Jalcas, Huancabamba depression, Plant communities.

Resumen

La jalca es una unidad fisiográfica, florística y vegetacional del paisaje altoandino. Se realizó un estudio de las jalcas desde diferentes puntos de vista, basado en exploraciones botánicas, el inventario de las especies de jalcas del Herbario de la Universidad Nacional de Cajamarca (CPUN) y del Field Museum (F) e investigaciones sobre fitosociología e información bibliográfica sobre clima y suelos. El estudio comprende desde 8°30' L.S. hasta el Sur de la Depresión de Huancabamba y al Oeste del río Marañón, por encima de los 3.100 m de altitud. Basado en estos parámetros, se describe a las jalcas como una formación biogeográfica típica que comprende la sierra alta de los Andes del Norte del Perú, distribuida al Oeste del río Marañón, sobre la Cordillera Occidental. Esta región se considera diferente del Páramo del Norte y de la Puna (> 8°S). Se caracteriza por su menor altitud, ausencia de nevados y superficies de laderas con escasa pendiente, extensas planicies y especies típicas y endémicas. Las Jalcas sobre la cordillera occidental, constituyen un centro hidrológico en donde se forman los ríos que fluyen hacia el Océano Pacífico y hacia el río Marañón, afluente del río Amazonas.
Palabras clave: Jalcas, Depresión de Huancabamba, Comunidades de plantas.

Introducción

Los Andes forman un gran sistema de cadenas montañosas que recorren la parte occidental de Sudamérica, desde Venezuela hasta el Sur de Chile y Argentina. A lo largo de su recorrido (8.000 km) y basado en evidencias fisiográficas son divididos en Andes del Norte (Venezuela, Colombia, Ecuador y Norte de Perú, Andes del Centro (Perú, Bolivia, Norte de Chile y Argentina) y Andes del Sur (Argentina y Chile).

En la Sierra Norte del Perú, los Andes experimentan una interrupción parcial en su altitud. Sobre el lado occidental, en el Paso de Porculla (5°50'10" L.S.; 79°30'10"L.O.) alcanza los 2.150 m.

Esta altitud aún disminuye hacia el SE a través de los profundos cauces de los ríos Huancabamba, Chamaya y Marañón. Toda esta área de bajas altitudes, que cruza de E a O a los Andes, se conoce con el nombre de Depresión de Huancabamba (ver Molau 1988, Ayers 1999, Dillon 2006). Esta formación geológica constituye el límite Sur de los Andes del Norte y la frontera norte de los Andes del Centro. Estos recorren el territorio peruano hasta el Altiplano. Weigend (2002) menciona que esta es una zona que constituye una frontera biogeográfica importante para taxones de la zona andina.

Los habitantes rurales de la región andina Norte, al Sur de la Depresión de Huancabamba y hasta el Departamento de La Libertad, utilizan con frecuencia el término jalcas para referirse a los territorios altos de los Andes. El concepto""jalcas" ha sido utilizado por varios autores. El primero en utilizarlo en un sentido fitogeográfico fue Weberbauer (1945), considerándolo como un territorio situado por encima de la altitud donde se hace agricultura (3.400-3.600 m) y al Oeste del río Marañón. Pulgar Vidal (1998) utiliza al término Jalcas como un sinónimo de la región natural denominada Suni, situada sobre los declives orientales y occidentales de los Andes y sobre la cima de los Andes del Norte del Perú, a 3.500-4.000 m. Becker (1988) al referirse a la vegetación de las zonas de altitud media y alta del Valle de Cajamarca, la conceptúa como que corresponde a una zona transitoria de fuertes gradientes de humedad y temperatura, las cuales se reflejan en las características de la vegetación. Sánchez-Vega (1976, 1997) hace un estudio florístico, climático y vegetacional de la jalca, concluyendo que ésta es una formación biogeográfica que se diferencia del páramo de los Andes del Norte y de la puna, de los Andes del Centro y Sur del Perú, considerándola como una formación que tiene identidad propia (Bazan-Zurita *et al.* 1998).

Monasterio (1980) y Luteyn (1999) describen a las jalcas como parte de la región natural tropical de los Andes del Norte, que se extiende hasta 8° L.S., teniendo como límite altitudinal inferior los 3.000 m, es decir el límite superior de los bosques y selvas andinas. Tovar (1983), Tryon & Stolze (1989a, 1989b) y Brako & Zarucchi (1993) se refieren a la diversidad de especies del Perú, tanto de Angiospermae, Pteridophyta y Poaceae. Desde el punto de vista de biodiversidad, el territorio de las jalcas se encuentra dentro de la zona Amotape-Huancabamba, en los Andes del N del Perú y el extremo Sur del Ecuador, que según varios investigadores tienen una biodiversidad excepcional (Weigend 2002). Sklenár *et al.* (2005) han publicado una guía para los páramos incluyendo a los del norte del Perú así como a las Jalcas.

¿Qué son las formaciones de jalcas?

Distribución geográfica (Figura 1)

Delimitar el área geográfica de las jalcas implica conocer las formaciones geológicas altas de los Andes, así como las depresiones andinas generadas por el curso de los profundos ríos que la circunscriben. Hacia el Sur, las jalcas comienzan en la disminución de altitud de la Cordillera Occidental (8°30' LS) y la desaparición de los nevados. Hacia el norte, las menores altitudes que descienden hacia la Depresión de Huancabamba, inferiores a los 3.000 m constituyen su límite Norte. Igualmente, los límites E y O, son las altitudes inferiores a los 3.100-3.200 m, que confluyen hacia el Marañón y Océano Pacífico, respectivamente. Así las jalcas ocupan territorios altoandinos superiores a las altitudes mencionadas, hasta la cima andina, que escasamente sobrepasa los 4.200 m. La topografía de este territorio está conformada por extensas planicies, colinas y cerros de moderada pendiente, afloramientos rocosos y frecuentes lagunas y humedales de extensión variable. Estos espacios constituyen centros hidrológicos, donde nacen las cuencas de los

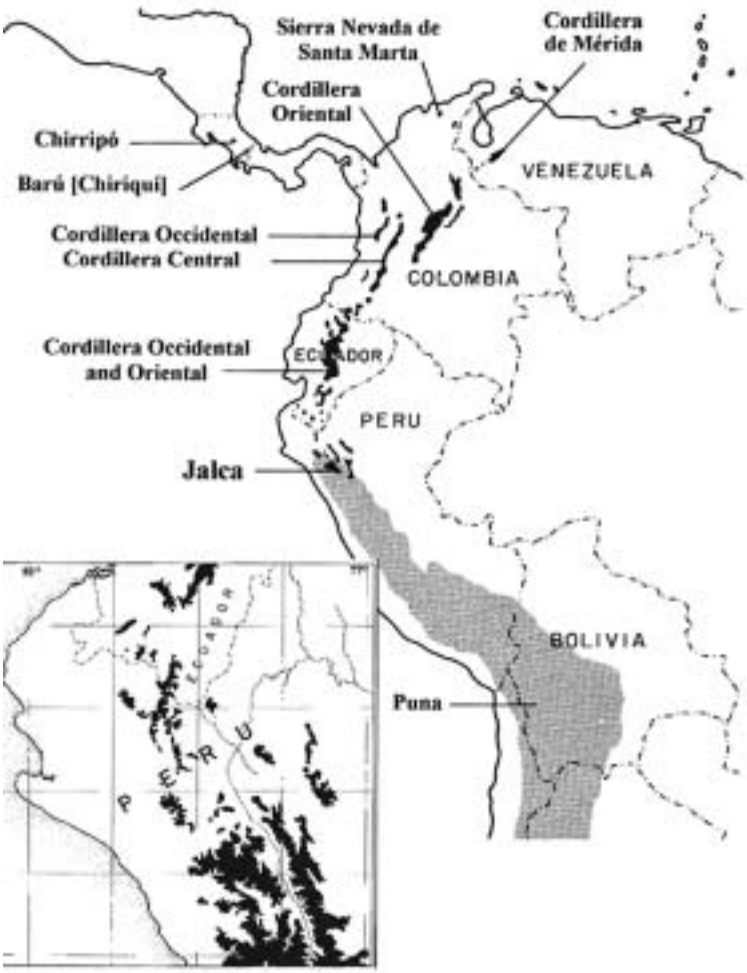


Fig. 1: Distribución de páramos (adaptado de Luteyn 1999).

numerosos ríos del Pacífico y tributarios del Marañón.

Las jalcas desde su límite sur hasta los 6°30′ (Weberbauer 1945) son una formación continua, tanto sobre las extensas mesetas de Huamachuco, Santiago de Chuco y Quiruvilca (departamento de la Libertad) y de la situada al Norte de Cajamarca, hasta Hualgayoc; como sobre la cima de los ramales externo e interno de la Cordillera Occidental. Al Norte de Hualgayoc, las jalcas son discontinuas, quedando circunscritas a escasas planicies de poca extensión, a manera de islas, tanto al Oeste como al Este del río Chotano. Brack-Egg (1986) considera a las jalcas como una extensión hacia el norte de la puna por ser un continuo con ésta; sin embargo existen diferencias altitudinales, climáticas y florísticas.

Desde el punto de vista geopolítico, comprenden los departamentos de La Libertad en las Provincias de Sánchez Carrión, Santiago de Chuco; Cajamarca en provincias de Cajabamba, San Marcos, Contumazá, Cajamarca, San Miguel, San Pablo, San Miguel,

Celendín y Hualgayoc. Al Norte de los 6°30'S, donde las Jalcas ocupan áreas altoandinas relativamente pequeñas, distribuidas a manera de islas, incluyen a las provincias de Chota y Cutervo en el Departamento de Cajamarca y la sierra de la provincia de Ferreñafe, en el Departamento de Lambayeque.

Aspectos climáticos

Los factores climáticos que inciden sobre el área de estudio poseen distribuciones e intensidades variables a lo largo del ciclo anual, con tendencia a ser intermedios a los que caracterizan al páramo y puna. Las jalcas por su proximidad a la línea ecuatorial poseen ritmos ambientales que caracterizan a los ecosistemas de alta montaña (Monasterio 1980, Budowski 1966). Las escasas estaciones meteorológicas existentes en las jalcas están concentradas en Cajamarca y por ello basaremos en éstas la presente información. El análisis de los registros de temperatura media anual, precipitación acumulada anual y humedad relativa presentada en la tabla 1, que comprueba la heterogeneidad de estos factores, los mismos que caracterizan a las áreas locales donde están situadas estas estaciones. Con esto se explica la diversidad de microclimas a distancias relativamente cortas, ocasionadas por la precipitación, exposición, pendiente, insolación-nubosidad y también, la relación con su cercanía a la vertiente occidental y a la oriental.

La información de la tabla 1 evidencia que la altitud no es un factor que determina linealmente a las variaciones de pluviosidad, temperatura y humedad relativa. Sin embargo, es notorio que el volumen de la precipitación, desde 7° hacia el Sur, empieza a disminuir. Este sensible cambio genera que hacia el N de la latitud indicada no se genere déficit hídrico en el suelo durante la estación seca, en tanto que hacia el Sur, el suelo si tiene déficit hídrico durante aquella estación. Así mismo, se ha observado que al Norte de 7° las jalcas contactan con el bosque montano húmedo de neblina en su límite inferior; en tanto que, al Sur de aquella latitud, más bien se relacionan con bosques montanos secos formados por matorrales con arbolillos dispersos. Se exceptúa al caso del bosque de Cachil, en la vertiente occidental de la provincia de Contumazá, donde las jalcas en su límite inferior se ponen en contacto con aquel bosque montano de neblina. Esta sería la razón de la gran diversidad vegetal de aquella provincia (Sagástegui 1988). Las jalcas reciben

Tabla 1: Magnitudes de precipitación, temperatura, húmeda relativa de las estaciones meteorológicas en el área de estudio (8-10 años de registro) (basado en Gonzales & Picard 1986).

Estación	Altitud(m)	Latitud/ Longitud	Precip. (mm)	T° promedio anual			H.R. promedioanual %		
				Máx.	Mín.	Med.	Máx.	Mín.	Med
Porcón I	3.140	7°01'S78°37'O	1199	17.2	2.1	6.9	96	45	77
Cumbe Mayo	3.410	7°11'S78°32'O	616	14.7	7.5	10.8	86	49	68
Porcón 2	3.510	7°03' S78°38'O	1317	12	4.4	8.2	88	46	68
Shoclla	3.600	7°00' S78°34'O	1438	12.6	3.5	8.1	92	50	71
Huanuco	3.620	7°07'S78°09'O	850	11.1	1.9	6.6.	90	55	72
Jocos	3.400	7°31'S78°01'O	891	13.6	5.7	9.6	88	50	69

como precipitaciones, además de lluvia, granizo acompañado de tormentas eléctricas muy fuertes durante el verano y formación de escarcha durante el invierno

Suelos

Los suelos de las jalcas son muy variados debido a la complejidad de las condiciones geológicas, fisiográficas, climáticas y acciones antropogénicas a las que están sometidos (Landa *et al.* 1978). Los suelos de las zonas alto andinas distribuidos en la cima de la cordillera son de textura ligera a mediana, generalmente de naturaleza ácida, alto contenido de materia orgánica; sin embargo, no siempre tienen alto contenido de nitrógeno. Esta última característica se debe a las bajas temperaturas, que producen disminución de las actividades microbiológicas y hacen que la materia orgánica no se descomponga adecuadamente, generando acumulación, con un incremento de la relación C-N. La riqueza de fósforo y potasio es variado y la reacción es ácida, con niveles variados de aluminio pero que sólo constituye limitante cuando los suelos tienen poca materia orgánica (J. Díaz, com. pers.). En el área de estudios se han reconocido suelos derivados de areniscas, calizas y tufos volcánicos, debido a sus correspondientes tipos de roca parental (Landa *et al.* 1978)

Además, existen suelos aluviales, constituidos por depósitos recientes, arrastrados por los ríos y cauces de agua que atraviesan la zona. Se distribuyen sobre niveles de terrazas y conos aluviales situados en la desembocadura de afluentes y quebradas. Son suelos profundos, de reacción alcalina, textura y drenaje variable e inundaciones periódicas. Los suelos de las jalcas son en general oscuros, con horizontes A desarrollado, cubierto por una vegetación de baja altura, pero que le proporciona alta cobertura y abundantes restos de follaje que están en permanente descomposición e integrándose al ciclo de la materia orgánica y elementos químicos.

Diversidad florística

Las especies que habitan las jalcas tienen una elevada adaptación para soportar las bajas temperaturas y el efecto de la acumulación de granizo o escarcha de las primeras horas de la mañana, los fuertes vientos del atardecer y la alta radiación solar del medio día. La caracterización florística de las jalcas tiene que ver con el número de especies por categoría taxonómica y sus diferencias con el páramo y la puna, así como por sus endemismos. Las investigaciones han demostrado que esta diversidad es diferente de las formaciones altoandinas que la limitan hacia el Norte y Sur. Por ejemplo, en las jalcas no se ha registrado el género *Espeletia* Mutis ex Bonpl. y observaciones personales, indican que *Blechnum loxense* (Kunth) Hook ex Salomon, se observa esporádicamente en las jalcas de Cajamarca, pero se hace más frecuente y adquiere arquitectura monocaule con roseta de hojas más o menos alta en los páramos de Piura y Calla Calla al Este del río Marañón; probablemente debido a la mayor humedad atmosférica de estos territorios. Son especies características y endémicas de las jalcas: *Laccopetalum giganteum*, *Ascidiogyne sanchezvegae*, *Calceolaria caespitosa*, *Calceolaria percaespitosa*, *Chuquiraga oblongifolia*, *Jalcophila peruviana*, *Luciliocline plicatifolia* y *Nicotiana thyrsiflora*.

Se tiene información que 23 géneros registrados en las jalcas no alcanzan los páramos del Ecuador (Sklenár *et al.* 2005). Entre ellos son: *Alternanthera* (Amaranthaceae), *Clinanthus* (Amaryllidaceae), *Philiberta* (Asclepidaceae), *Novenia*, *Ascidiogyne*, *Ferreyrella*, *Helogyne*, *Ophryosporus*, *Mnoides*, *Monactis*, *Paranephelius*, *Chersodoma* (todos Asteraceae), *Weberbauera* (Brassicaceae), *Dichondra* (Convolvulaceae), *Sedum*, *Villadia* (ambos Crassulaceae), *Syngonanthus* (Eriocaulaceae), *Euphorbia* (Euphorbiaceae), *Phacelia* (Hydrophyllaceae), *Nasa* (Loasaceae), *Dissanthelium* (Poaceae), *Laccopetalum* (Ranunculaceae) y *Nicotiana* (Solanaceae).

Por otro lado, en las jalcas se registran especies en cojines, menos compactas que las que se observan en la puna y más parecidas a las del páramo, como *Distichia acicularis*, *Aciachne acicularis*, *Azorella corymbosa* y *Azorella multifida*. La diversidad de especies de plantas superiores en las jalcas – pteridofitas, gimnospermas y angiospermas – puede ser apreciada en la tabla 2, que indica la riqueza florística parcial de esta formación fitogeográfica.

La tabla 2 muestra que la diversidad de plantas superiores está concentrada en la división Angiospermae, siendo mayor en las dicotiledóneas que en las monocotiledóneas, las mismas que en conjunto reúne al 88.2% del total de las especies registradas. También nos indica el considerable número de Pteridophyta, dentro de las cuales la familia Dryopteridaceae, con dos géneros (*Polystichum* y *Elaphoglossum*) y reúne a ocho especies. El análisis del inventario de especies registradas en las jalcas durante sucesivas exploraciones desde la década del 1970, indican que las Asteraceae y Poaceae son las más representativas de las jalcas, alcanzando el 19-20% del total de especies indicadas en la tabla 2; seguido de las Apiaceae, Scrophulariaceae, Rosaceae, Fabaceae y Valerianaceae. Las demás familias, que son la mayoría, tienen entre 1-5 especies.

Vegetación y formas de vida

El concepto de jalcas no solamente se refiere a su distribución territorial altoandina y a las bajas temperaturas reinantes, sino también al característico hábito herbáceo de la formación vegetal predominante. Según este criterio, las jalcas son una formación de herbáceas junto a arbustos pequeños que en conjunto dan el aspecto de una estepa o pajonal (Weberbauer 1945), en que predominan las gramíneas macollantes de hojas convolutas y rígidas, que forman manojos dispersos al azar. No obstante este aspecto la vegetación de la jalca, posee una estratificación vertical en la que se distinguen hasta tres estratos:

1) Estrato de plantas enraizadoras al suelo, conformado por líquenes, musgos, hepáticas y las pequeñísimas plantas de *Lysipomia* spp.
2) Estrato de plantas acaules con hojas en roseta e inflorescencia sésil (*Paranephelius* spp., *Werneria nubigena*), más arbustos con tallos postrados (*Baccharis caespitosa*) y herbáceas rizomatosas (*Ascidiogyne sanchezvegae*). Este estrato puede alcanzar hasta 7-10 cm de alto.
3) El estrato de gramíneas macollantes altas y herbáceas dicotiledóneas erguidas. Este

Tabla 2: Número y porcentaje de familias, géneros y especies registradas en las jalcas.

División	Familia	%	Géneros	%	Especies	%
Pteridophyta	09	15.5	17	9.1	34	11.3
Gymnospermae	01	1.7	01	0.5	01	0.3
Angiospermae						
Monocotyledoneae	11	18.9	52	27.9	81	27
Dicotyledoneae	37	63.7	116	62.3	183	61.2
TOTAL	58	100	186	100	299	100

es el estrato que conforma la mayor biomasa y puede alcanzar 0.80-1.20 m de alto.

Sobre los espacios abrigados, principalmente en sotavento, suele haber un estrato de arbustos altos como las plantas de los géneros *Diplostephium, Gynoxys* y *Brachyotum*. Esta estratificación proporciona al suelo alta cobertura, pudiendo tener ésta un valor cercano al 100% en aquellos espacios poco intervenidos y generar abundantes restos vegetales que por descomposición contribuyen a la formación de los suelos oscuros de las jalcas. La vegetación jalqueña está constituida por un alto porcentaje de herbáceas perennes, excepto *Muhlenbergia peruviana*, *Dissanthelium macusaniense* y *Halenia* spp. Esto determina que la cobertura vegetal de las jalcas sea permanente con una fenología determinada por el ciclo pluvial. Es de color verde amarillento durante la estación seca debido a la no emisión de follaje de las gramíneas y desaparición de la parte aérea de muchas dicotiledóneas perennes que permanecen con yemas durmientes durante la estación seca y de color verde durante la estación lluviosa, por la emisión de follaje de toda la vegetación.

En general las plantas relativamente altas, expuestas a los vientos tienen hojas xeromórficas. Son filiformes, rígidas y convolutas para proteger los estomas como en el caso de las gramíneas o las hojas son coriáceas con láminas poco anchas, cara adaxial glabra, brillante y cara abaxial pubescente (*Gynoxys*); o como en *Brachyotum*, donde las hojas son alargadas, subplanas y pilosas. Algunos arbustos muestran presencia de resinas sobre la epidermis como en *Baccharis caespitosa* y *B. tricuneata*.

Las plantas que conforman el estrato inferior de las gramíneas macollantes y son protegidas por éstas, poseen hojas planas, poco anchas, suaves; pero poseen yemas muy pubescentes. El estudio de las formas de vida de las jalcas es aún tema de mayores investigaciones y la clasificación aquí expuesta está aún incompleta. Las formas de vida que destacan en las jalcas son:

1) Plantas con aspecto de manojo, macollantes y hojas filiformes, convolutas o subplanas. Este tipo morfológico lo constituyen las gramíneas con sistema radical difuso y estructura basal conformada por abundantes vainas y hojas muertas que aíslan y protegen a las yemas. Las hojas filiformes reducen notablemente la evapotraspiración durante las horas críticas de bajas temperaturas y/o durante altas intensidades de luz y vientos. Algunas gramíneas como *Calamagrostis tarmensis* Pilger, *Festuca huamachucensis* Infantes, *Agrostis tolucensis* Kunth y *Cortaderia* sp.
2) Plantas acaules o subacaules con hojas en roseta aplicadas al suelo. En éstas, el corto tallo, simple o ramificado, sumergido parcialmente en el suelo, hojas planas, suaves, muy congregadas a modo de roseta y pubescente se protegen de los vientos deshidratantes. Esta estructura protege a la yema apical central y/o a la inflorescencia sésil. En el caso de poseer inflorescencias escaposas, ésta es pubescente y/o foliosa y sus brácteas son pequeñas, coriáceas. Por ejemplo, *Eryngium humile* (Apiaceae), *Puya fastuosa* y *P. coriacea* (Bromeliaceae), *Antennaria linearifolia* Wedd., *Luciliocline turneri*, *Perezia pungens*, *Hypochaeris meyeniana*, *Werneria nubigena*, *Paranephelius uniflorus* (todas Asteraceae) y *Phyllactis rigida* (Valerianiaceae).
3) Plantas de estructura almohadillada. En las jalcas existen pocas especies con esta morfología y constituye la mejor forma para enfrentar bajas temperaturas, pues con la congregación de ramas y hojas se protegen estructuras vivas (yemas y flores), ya que las hojas tienen caracteres xeromórficos, con consistencia coriácea. Por ejemplo, *Plantago tubulosa, Distichia*

acicularis , *Calceolaria percaespitosa* y *Oreobolus* sp.

4) Plantas con estructura subterráneas de reserva con una o varias yemas de renuevo. En éstas se forma una estructura tipo tubérculo con varias yemas como en *Dioscorea ancachsensis*, o una estructura bulbiliforme (*Oxalis eriolepis*) o pueden tener raíces tuberosas y una yema apical como en *Hypoxis decumbens*, *Aa paleacea* y *Bomarea dulcis*.
5) Plantas herbáceas o arbustivas de tallos postrados radicantes o sin raíces. Lo constituyen aquellas herbáceas rizomatosas con tallos aéreos cortos, flores sésiles (*Ascidiogyne sanchezvegae Satureja nubigena* o subleñosos con hojas coriáceas *(Miconia chionophila*, *Disterigma empetrifolium*, *Pernettya prostrata* y a veces resinosa sobre la epidermis como en *Baccharis caespitosa* y *Loricaria ferruginea*.
6) Arbustos erguidos. Pueden crecer algunos decímetros de alto sobre el nivel del suelo, con láminas foliares más o menos reducidas, superficies coriáceas, reflejantes y/o pubescentes en el envés, plegadas o cumuladas. Por ejemplo, *Gynoxys* spp., *Diplostephium sagasteguii* y *Brachyotum longisepalum*.

Descripción y clasificación

La descripción y clasificación de estos patrones morfológicos o formas de vida resulta complejo, pero importante para comprender los aspectos ecofisiológicos de la vegetación jalqueña. La vegetación de las jalcas tiene diferente composición florística según los hábitats, por lo que en ella se reconocen asociaciones vegetales (Sánchez-Vega 1976), como las siguientes:

1) Pajonal de gramíneas y dicotiledóneas acaules. Es la que tipifica a la fisionomía de las jalcas por ser la más extensa. Ocupa las planicies, laderas de poca pendiente y lomadas, con sus suelos profundos poco pedregosos. Especies de los géneros, *Calamagrostis, Muehlenbergia, Festuca, Stipa, Bromus, Poa, Agrostis* y las graminiformes *Scirpus rigidus* y *Luzula racemosa* conforman el estrato alto de esta asociación. Acompañan a este estrato las herbáceas erguidas como *Halenia, Bartsia* y *Castilleja*. El estrato inferior lo conforma las especies acaules de los géneros *Paranephelius, Werneria* y la frecuente especie *Baccharis caespitosa*.
2) Plantas hidrófilas. Ocupan las superficies inundables de los bordes de lagunas, espejos de agua, humedales de inundación periódica. Está conformada por especies sumergidas (*Isoetes, Crassula venezuelensis, Myriophyllum, Potamogeton)*; especies emergidas (*Calamagrostis eminens*, *Cortaderia sericantha*, *Distichia acicularis*, *Lysipomia* sp., *Pinguicula* sp., *Xenophyllum* sp.); especies de cursos de agua de poca intensidad (*Lilaea scilloides*, *Lilaaeopsis macloviana*). También sobre humedales se registró *Myrosmodes* sp. (Orchidaceae) y *Loricaria* (Asteraceae).
3) Arbustos erguidos y herbáceas caulescentes. Ocupan los hábitats abrigados sobre sotavento, depresiones profundas, pequeñas quebradas sobre laderas. Esta asociación la conforman arbustos de los géneros *Chuquiraga*, *Gynoxys*, *Brachyotum*, *Berberis*, *Miconia* y *Ribes*.
4) Comunidad de especies epilíticas. Ocupan las grandes rocas de los afloramientos rocosos y está conformada por líquenes crustáceos y foliosos, *Brachyphyllum* sp, *Hymenophyllum trichophyllum*; helechos de los géneros *Elaphoglossum, Campyloneurum* y *Grammitis*. Así como bromeliáceas del género *Tillandsia*.
5) Ecotono de ladera. Esta asociación está constituida por especies del bosques inmediato inferior (*Polylepis multijuga, P. racemosa, Buddleja incana, Pappobolus stuebelii, Smallanthus jelskii*, *Lupinus* spp.) y de

especies arbustivas y herbáceas que descienden de las jalcas propiamente dichas, como *Hypericum laricifolium y Astragalus* spp.

¿Cómo se distribuyen las jalcas en el Norte del Perú?

La formación de jalca como unidad fisiográfica, florística y vegetacional denota características típicas que permiten reconocerlas. Sin embargo, debido a la irregularidad del recorrido de esta parte de la cordillera occidental, se reconocen también áreas de las jalcas con topografía, fisionomía y diversidad vegetal local. En el lado occidental donde las jalcas son continuas y se presentan extensiones que se acercan más hacia la costa como las que se forman al Nor Oeste de Otuzco, en el Dpto. de La Libertad entre Cospan y Contumazá y en las cercanías a San Miguel en el Dpto. de Cajamarca. Estas extensiones presentan algunos factores de aislamiento genético, de manera que se ha generado alta diversidad y endemismos. Sagástegui (1988) ha demostrado esta hipótesis en sus estudios de la provincia de Contumazá. Son más extensas las jalcas en dirección al profundo cañón del río Marañón también son reconocidas como la jalca de Huagil al Este de Huamachuco, las Jalcas al Este de Cajabamba y la que se extiende al Este de Bambamarca. Las Jalcas entre Huamachuco – Quiruvilca – Santiago de Chuco y la situada al norte de Hualgayoc.

¿Cómo se diferencian las jalcas del páramo y de la puna?

En dirección latitudinal las jalcas son una región biogeográfica intermedia entre el páramo de los Andes del N y la puna de los Andes del Centro y Sur. En sentido W-E y debido a la asimétrica hídrica de los Andes en el Perú, es una región menos húmeda que las zonas altas de los Andes del Norte y de las cadenas andinas orientales al Este del río Marañón, las cuales, según el concepto de Monasterio (1980), podrían ser páramos. Desde el punto de vista altitudinal, las jalcas son de menor altitud que el páramo y la puna (tabla 3). Los Andes del Norte, desde el territorio ecuatoriano empiezan a disminuir de altitud hasta la Depresión de Huancabamba. Igualmente los Andes del Centro, al Norte de la Cordillera Blanca, empiezan a disminuir de altitud hasta la depresión de Huancabamba. La vegetación tiene alta cobertura vegetal y es menos esclerófila que la puna.

¿Cuáles son las especies económicamente importantes?

Las jalcas son un centro de amplia diversidad vegetal, mayor que el existente en la puna, igual o mayor que la diversidad del páramo, pero obviamente, menor que el de los bosques montanos andinos. Las especies más importantes son organizadas por categorías:

Medicinales

GENTIANACEAE

Gentianella graminea (Kunth) Fabris. La cocción de las hojas se utiliza como antigripal y contra la tos fuerte. También se le atribuye propiedades curativas de enfermedades hepáticas y renales. Nombre común: Genciana.

VALERIANACEAE

Valeriana pilosa Ruiz & Pav. Las raíces de esta especie se hierven por pocos minutos y el té es utilizado como un sedante y para disminuir el stress. Nombre común: Valeriana.

ASTERACEAE

Senecio canescens (Kunth) Cuatrec. Forma poblaciones más o menos grandes a altitudes entre 3 800 y 4 000 m y sus hojas se utiliza en infusión para la inflamación de la vejiga y

Tabla 3: Diferencia entre jalcas, páramo y puna.

Factores	Páramo	Jalca	Puna
Altitud (m)	3.200–4.500	3.200–4.200	3.500–4.800
Fisiografía	Islas, debajo del nivel nival Valles profundos	Cima de montañas andinas	Altiplano, debajo del nivel nival
Humedad	Alta	Intermedia	Baja
Temperatura	Baja	Baja	Baja
Cobertura vegetal	Alta	Alta	Baja
Vegetación	Activa durante la mayor parte del año, esclerofilia media	Activa 6 meses del año, esclerofilia media	Activa 5 meses del año, esclerofilia alta

próstata; es paliativo de la tos y también sudorífica (Sagástegui *et al.* 1999). Nombre común: Vira – vira.

Perezia multiflora (Kunth) Less. Habita entre 3.600 y 3.800 m. Empleada en cocción por su efecto diurético, febrífugo y sudorífero. Nombre común: Escorzonera.

Baccharis genistelloides (Lam.) Pers. Arbusto de suelos inundables de las jalcas, utilizada en cocción para curar afecciones hepáticas, paludismo y dolores reumáticos. Nombre común: Carqueja.

Tagetes filifolia Lag. Hierba anual de los niveles inferiores de las jalcas y lugares abiertos, utilizada en infusión como aromática y carminativa. Nombre común: Anís de la sierra.

Chuquiraga weberbaueri Tovar Arbusto de hojas mucronadas y capítulos grandes de color anaranjado. Sus hojas se utilizan como infusión para combatir la infestación por *Fasciola hepatica* en cuyes y ganado vacuno.

LAMIACEAE

Satureja nubigena (Kunth) Briquet. Hierba perenne, de ramificación difusa y postrada muy fragante, utilizada en infusión como estomacal, mejorando la digestión.

Lepechinia meyenii (Walp.) Epling. Hierba perenne, postrada, con hojas aromáticas, utilizadas en infusión para mejorar la digestión y los síntomas de la gripe. Nombre común: Salvia parragada.

RANUNCULACEAE

Laccopetalum giganteum (Wedd.) Ulbr. Hierba perenne erguida, 1 m alto, hojas crasas y glaucas de las Jalcas (3.900-4.500 m). El cocimiento de sus flores se usa para mejorar afecciones de la garganta y pulmones (Sagástegui *et al.* 1999). Según información de criadores de ganado en la Jalca, la cocción de flores y hojas se da a beber a las vacas infecundas para hacerles fértiles (información verbal en la Jalca de Cajamarquilla, Bolivar). Nombre común: Pacra-pacra.

POLYGONACEAE

Rumex peruanus Rechinger f. Las hojas verdes molidas se emplean en cataplasma en el tratamiento de dermatosis, curación de llagas o heridas. Nombre común: Putaca.

GERANIACEAE

Geranium sessiliflorum Cav. La cocción de sus raíces se utiliza para curar la Diabetes, tratamientos de la garganta, a través de

gargarismos, expectorante. Nombre común: Andacushma.

EUPHORBIACEAE

Euphorbia huanchahana (Klotzsch & Garcke) Boissier Extractos de las raíces de esta planta son usados como vermífugos e induce a diarrea (Orozco & Lentz 2005). Nombre común: Huachanccana.

Forestales

ROSACEAE

Polylepis racemosa Ruiz & Pav. Árbol de madera dura y pesada con abundantes ritidomas escamosos de color marrón. Habita las Jalcas desde su límite inferior hasta los pajonales altos y expuestos de las Jalcas. En estos lugares se utilizan como rompevientos que circunscriben a las casas. Nombre común: Quinual.

Polylepis multijuga Pilger Es un árbol de madera dura y rojiza que habita los límites inferiores de la Jalca, en los lugares abrigados al N de Cajamarca y Amazonas.

ASTERACEAE

Smallanthus jelskii (Hieron.) H. Rob. Árbol de madera suave, muy ramificado y de hojas anchas y fácil propagación vegetativa. Sus tallos son utilizados como postes para cercos vivos y rompevientos para proteger las casas.

Frutales

ERICACEAE

Vaccinium floribundum Kunth Arbusto del límite inferior de la Jalca, ahora muy protegido por sus frutos pequeños, oscuros y dulces frutos que se venden en el mercado de las principales ciudades del Norte. Nombre común: Pushgay.

Tintóreas

CLUSIACEAE

Hypericum laricifolium Juss.- La cocción de hojas y tallos se utilizan para teñir de amarillo el algodón y la lana. Nombre común: Chinchango.

¿Cuáles son las amenazas?

Las formaciones de jalcas están expuestas a amenazas naturales, ocasionadas por la intensidad de los vientos y lluvias, que producen erosión de suelos y de las rocas expuestas. La acción antropogénica es la más conspicua, pues afecta a la estructura de la vegetación, disminuye diversidad vegetal, acelera erosión y cambia el paisaje natural.

Incendios. Se realizan durante la estación seca (julio-septiembre), cuando el suelo alcanza su mínima humedad y las partes aéreas de las vegetación han terminado su ciclo biológico y están secas o muy deshidratadas. Es una actividad periódica, realizada para generar rebrotes tiernos durante las primeras lluvias de la primavera que sirven como forraje y por la creencia de que el humo del incendio contribuye a generar las nubes que hacen venir las lluvias del siguiente período lluvioso (verano). El impacto negativo de los incendios está dado porque quema a las semillas y a las yemas de las coronas que se forman a nivel del suelo, de las especies perennes. El mayor combustible para los incendios lo constituyen las gramíneas macollantes, por la acumulación de vainas foliares secas en la base de las plantas.

Pastoreo. Las jalcas siempre han sido consideradas como un centro de producción de pastos naturales para pastoreo extensivo,

tanto de ganado vacuno como lanar. En los últimos 30 años, con el incremento de la población asentada en esta formación, también se ha aumentado el número de animales por unidad de área, produciendo un sobre pastoreo que elimina a las hierbas suaves y palatables y por último a las gramíneas. Este proceso se reconoce por el incremento de la población de *Alchemilla orbiculata*, la densidad de plantas erguidas disminuye, produciendo compactación del suelo, disminución de materia orgánica y alterando el ciclo biogeoquímico de elementos minerales.

Agricultura. El factor limitante para la agricultura es el rango variable de bajas temperaturas, de modo que solo es posible el cultivo de especies adaptadas. Cuando Weberbauer (1945) definió a las jalcas como formaciones situadas sobre el límite superior de la agricultura, daba a conocer que en esta formación no se realizaban cultivos o eran muy escasos por el alto riesgo de esta actividad. Sin embargo, en la actualidad los cultivos de tubérculos andinos ocupan extensiones considerables, principalmente papa. La agricultura de estos cultivos es migratoria, de manera que después de un periodo de dos a tres años, el espacio es abandonado y se ocupan nuevas áreas de las jalcas vírgenes. Por otro lado, debido a que los cultivos son anuales y requieren movimiento de suelo, tanto para la siembra como para la cosecha, se propicia la erosión hídrica y eólica. Así mismo se cultivan en mayor extensión pastos cultivados como *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* y *Trifolium repens*. Estos son cultivos limpios que demandan la destrucción de la vegetación primaria, pero por el carácter perenne y alta densidad de las plantas, evitan la erosión.

Minería. En los últimos 15 años se ha reconocido la enorme riqueza de minerales metálicos que existen en las jalcas y por ello se han establecido varios centros mineros que explotan grandes extensiones. La minería que se practica es a tajo abierto, por lo que la explotación comienza con la extracción del suelo (horizonte A) con la vegetación. Aún cuando la legislación peruana establece que al cierre de la mina, los espacios alterados deben ser revegetados utilizando el suelo extraído, estas técnicas se hacen con especies introducidas y sobre sustratos donde se han incorporado los químicos para la lixiviación o superficies abiertas donde se ha iniciado la oxidación de los metales por exposición.

¿Cuáles serían las prioridades de protección?

El actual estado de conocimiento de la jalca, ha permitido reconocer la importancia científica en biodiversidad, biogeografía andina, vegetación exuberante de alta cobertura y la presencia de numerosas especies de importancia económica. Por otro lado, esta formación presta servicios ambientales, que resultan de la interacción agua, suelo y vegetación. Así, sin haber nevados, las Jalcas son un centro hidrológico de grandes proporciones, provisión de suelo con abundante materia orgánica parecido a la turba, hábitat de numerosa fauna terrestre y acuática y belleza escénica para turismo y esparcimiento. Por esta razón, las jalcas merecen sin duda alguna, protección orgánica a través de una legislación proveniente del gobierno central y de los gobiernos locales (municipalidades regionales, provincias y distritales) para reducir el impacto negativo de la acción antropogénica. Así mismo, consideramos que el Servicio Nacional de Áreas Protegidas del país debe crear áreas protegidas de jalcas, principalmente en aquellas áreas periféricas que en los niveles ecológicos inferiores se contactan con bosques húmedos y muy húmedos del Oeste y Este de la cordillera. Finalmente consideramos que el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) debe generar planes de investigación y educación ambiental específico para las Jalcas a través de instituciones de formación profesional (Universidades),

organizaciones no gubernamentales, colegios y escuelas que se sitúan en el área o cercana de ella.

Agradecimientos

Primero, queremos agradecer los editores de este volumen por permitirnos participar en esta publicación. ISV agradece a sus colegas Manuel Cabanillas, Homero Bazán y Alfonso Miranda por su cooperación en el trabajo de campo y al Director de Investigación de la Universidad Nacional de Cajamarca. MOD agradece s sus compañeros del campo: A. Sagásteugi A., P. Lezama A., S. Leiva G., M. Zapata C., E. Ortiz V., V. Quipuscoa S. y a J. Luteyn por el uso de sus mapas para este trabajo. El soporte de la National Science Foundation (DEB-BSI-0071506) también es reconocido.

Referencias

Ayers, T.J. 1999. Biogeography of *Lysipomia* (Campanulaceae), a high elevation endemic: an illustration of species richness at the Huancabamba depression, Peru. Arnaldoa 6(2): 13-27.

Bazan-Zurita, H., I. Sánchez-V., M. Cabanillas S. & A. Miranda-L. (eds.) 1998. La jalca de oro: Biodiversidad, medio ambiente y minería en la Sierra de Cajamarca-Perú. Minera Yanacocha, Cajamarca.

Becker, B. 1988. Degradation and rehabilitation of Andean ecosystems-an example from Cajamarca. Angew. Botanik (Göttingen) 62: 147-160.

Brack-Egg, A. 1986. Las ecoregiones del Perú. Boletín de Lima (44): 57-70.

Brako, L. & J. L. Zarucchi. 1993. Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú. Monographs in Systematic Botany 45: 1-1286.

Budowski, G. 1966. Some ecological characteristics of higher tropical mountains. Turrialba (2): 159-168.

Dillon, M.O. 2006. Jalca formations of northern Peru. Andean Botanical Information System Webpage (Ver. 11.0) - URL: <http://www.sacha.org/envir/alpine/Jalca_webpage.htm>

Gonzáles, C. & L. Picard. 1986. Análisis climatológico de 27 estaciones de las cuencas de los Ríos Cajamarca y Condebamba. CICAFOR, Cajamarca.

Landa, C., C. Van Hoof, W. Poma & J. Mestanza, 1978. Los suelos de la cuenca del río Cajamarca. Edit. Ministerio de Agricultura y Alimentación-Cooperación Técnica Belga, Cajamarca, 245 p.

Luteyn, J. L. 1999. Páramos. A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. Mem. New York Bot. Gard. 84: 1-278.

Molau, U. 1988. Scrophulariaceae-Part I. Calceolarieae. Flora Neotropica 47: 1-326.

Monasterio, M. 1980. Estudios ecológicos en los páramos andinos. Ediciones Universidad de los Andes, Mérida.

Orozco, Olga L. & D.L. Lentz. 2005. Poisonous plants and their uses as insecticides in Cajamarca, Peru. Econ. Bot. 59: 166-173.

Pulgar Vidal, J. 1998. Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales. Edit. PEISA. Lima.

Sagástegui-Alva, A. 1988 Vegetación y flora de la Provincia de Contumazá, CONCYTEC. Trujillo.

Sagástegui-Alva, A., I. Sánchez V., S. Leiva G., P. Lezama A. & M. O. Dillon. 1999. Diversidad florística del Norte de Perú-Tomo I. Graficart, Trujillo. 228 p.

Sánchez-Vega, I. 1976. Contribución al estudio ecológico de la "Jalca" en el Departamento de Cajamarca-Perú. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

Sánchez-Vega, I. 1997. Aspectos florísticos de la jalca y alternativas de manejo sustentable. Arnaldoa 4 (2): 25-62.

Sklenár, P., J.L. Luteyn, C. Ulloa-U., P.M. Jørgensen & M.O. Dillon (eds.). 2005. Flora genérica de los páramos: Guía ilustrada de las plantas vasculares. Mem. N.Y. Bot. Gard. 92: 1-500.

Tovar. O. 1983. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Ruizia 13: 1-480.

Tryon, R.M. & R.G. Stolze. 1989a. Pteridophyta of Peru. Parte I. Ophioglossaceae-Cyatheacae. Fieldiana Botany N.S. 20: 1-145.

Tryon, R.M. & R.G. Stolze. 1989b. Pteridophyta of Peru. Parte II. Pteridaceae-Dennstaedtiaceae. Fieldiana Botany N. S. 22: 1-128.

Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Ministerio de Agricultura, Lima. 776 p.

Weigend M. 2002. Observations on the Biogeography of the Amotape-Huancabamba Zone in Northern Peru. Botanical Review 68(1): 38-54.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 91-109.

Los páramos ecuatorianos

Patricio Mena Vásconez[1] & Robert Hofstede[2]

[1] EcoCiencia, Salazar E14-34 y Av. Coruña, Quito, Ecuador
email: paramo@ecociencia.org
[2] Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN),
Centro Internacional de la Papa, Quito, Ecuador. Dirección actual:UICN-Sur,
Casilla Postal 17-17-626, Quito, Ecuador
email: robert.hofstede@sur.iucn.org

Abstract

Páramo is a natural ecosystem occurring above the limits of the continuous forest in the Northern Andes. It is dominated by a vegetation of grasses, rosette trees, shrubs, by wetlands and small forests. The climate is cold and the ecosystem is very sensitive to land-use changes; therefore, its productive potential is on the whole very limited. However, many people possessing a rich culture but lacking economic means, are taking direct advantage of this landscape's resources. At the same time, a large population downstream benefits from them in an indirect albeit substantial manner, especially through its water-related environmental service. In this article we present the situation of this ecosystem in Ecuador and a preliminary analysis of economically sustainable products and environmental services, with an emphasis on plants and vegetation. Their potentialities and problems are presented within the current social and political context. Páramo products usually have restricted markets, which could be drastically affected by the current globalising trends. The ecosystem's environmental services, such as tourism, carbon storage in soils and especially storage and regulation of water flows to lowlands, could represent interesting, though frequently conflict-laden, alternatives. Because of its social, cultural and political aspects, a detailed analysis of the productivity of páramo calls for a multidisciplinary approach.
Key words: Ecuador, Páramos, Productivity, Environmental services.

Resumen

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite de bosque cerrado en los Andes del Norte, dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes. Es un ecosistema de clima frío y es muy frágil a los cambios en el uso de la tierra, por lo que su potencial para el uso productivo es, en términos generales, muy limitado. Sin embargo, mucha gente de una gran riqueza cultural pero pobreza económica está aprovechando los recursos de este paisaje. Al mismo tiempo, una gran población aguas abajo lo está aprovechando indirectamente, aunque de manera sustancial, especialmente a través de su servicio ambiental hídrico. En este artículo presentamos la situación de este ecosistema en el Ecuador y un análisis preliminar en términos de productos económicamente sustentables y servicios ambientales, con énfasis en las plantas y la vegetación. Se hace una exposición de las potencialidades y los problemas que éstos tienen dentro del contexto social y político actual. Los productos del páramo tienen usualmente mercados restringidos, los que podrían verse drásticamente afectados por las tendencias globalizadoras actuales. La provisión de servicios ambientales del ecosistema, como el turismo, el almacenamiento de carbono en el suelo y especialmente el almacenamiento y distribución de agua a tierras bajas, pueden presentar alternativas interesantes para el manejo, aunque muchas veces conflictivas. Por su relación con temas sociales, políticos y culturales, el análisis detallado de la productividad del páramo es un tema que requiere de un tratamiento multidisciplinario.
Palabras clave: Ecuador, Páramos, Productividad, Servicios ambientales.

Introducción

¿Qué es el páramo?

Los páramos sudamericanos propiamente dichos se encuentran desde la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Mérida en Venezuela, hasta la depresión de Huancabamba en el Perú (aproximadamente entre los 11º de latitud Norte y los 8º de latitud Sur), y constituyen un componente importante de la biodiversidad de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Balslev y Luteyn 1992; Luteyn 1999; Hofstede *et al*. 2003). También hay páramos en Costa Rica y Panamá (Kappelle 2003), mientras que en las montañas tropicales de otros continentes se utilizan nombres diferentes para un ecosistema que puede ser considerado un bioma mundial, para el cual el término "páramo" está siendo crecientemente utilizado en varios idiomas. Las montañas tropicales del África oriental (Hedberg & Hedberg 2003) y las alturas de Papua-Nueva Guinea y otros lugares elevados y tropicales en el Asia y Oceanía poseen ecosistemas sorprendentemente similares a los páramos americanos en términos paisajísticos y fitosociológicos, lo que se ha llamado "adaptaciones convergentes y diferenciación divergente" (Mena 1984, Hedberg 1992, Hope & Hnatiuk 2003). Esta ubicuidad se explica fácilmente si se consideran las dos características biogeográficas y ecológicas esenciales para que éstos existan y que se pueden resumir en una sola frase: gran altitud en la zona tropical. Otras áreas del mundo como México y Guatemala, Hawai y Nueva Zelanda poseen ecosistemas parecidos. En el sur del Perú, en Bolivia y en Argentina se habla de la puna, un ecosistema pariente cercano del páramo, pero generalmente más seco y estacional. Entre la extensión geográfica del páramo y la puna se encuentra la llamada jalca. La jalca es para algunas autoridades una especie de transición entre páramos y punas en el norte del Perú (ver capítulo sobre jalcas en este volumen), mientras que para otras constituye una variación lingüística para el mismo ecosistema (Sánchez 2003).

Las altitudes entre las que se encuentra este ecosistema típicamente tropical varían bastante, pero, en términos generales, se encuentra sobre la línea de bosques continuos (los bosques andinos) y llega hasta donde pueden existir plantas por debajo las nieves eternas. En el Ecuador se usa comúnmente la altitud de 3.500 m como límite inferior, pero las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas hacen que este límite varíe mucho y que se encuentren a veces páramos desde los 2.800 m, especialmente en el sur del país, o bosques cerrados hasta por sobre los 4.000 m (Medina & Mena 2001).

En el Ecuador, el páramo cubre alrededor de 1.250.000 ha, es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional (Medina & Mena 2001). En términos relativos, el Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión total. Colombia tiene la mayor extensión de páramos en términos globales, mientras que los demás países los tienen en proporciones menores. Los páramos están por encima de lo que es o lo que algún día fue el ecosistema de bosques andinos, en la actualidad fuertemente alterado (Coppus *et al*. 2001). La zona de transición entre los dos ecosistemas, marcada en términos generales por la disminución en la altura y densidad de los árboles con respecto al bosque nublado inferior, se denomina generalmente subpáramo (Cuatrecasas 1958).

La especial biodiversidad paramera

Los páramos forman parte de una notable biodiversidad a escala de ecosistemas que se presenta en el Ecuador gracias a tres factores principales: la situación ecuatorial, la presencia de la cordillera de los Andes y otras sierras menores, la existencia de una fuente perhúmeda amazónica y de varias corrientes marinas frías y cálidas frente a las costas. Dada la gran altitud y por esto las bajas temperaturas y la alta

incidencia de neblina e irradiación solar, el clima es muy extremo para los seres vivos presentes. El clima durante el año es estable, pero hay una diferencia muy marcada entre el día y la noche, lo que se puede resumir en "verano todos los días, invierno todas las noches" (Hedberg & Hedberg 1979). No obstante su gran altitud y sus extremas condiciones climáticas, los páramos muestran una notable pluralidad de seres vivos en varios grupos, especialmente plantas, aves, anfibios y mamíferos. Estas especies, provenientes del norte, el sur, la Amazonía o evolucionadas en el propio páramo desde hace millones de años, cuando los Andes empezaron su ascenso como una gran arruga tectónica (van der Hammen & Cleef 1986, Ulloa & Jørgensen 1995), se han adaptado a condiciones climáticas extremas.

La alta irradiación solar, las bajas temperaturas propias de las alturas y los cambios drásticos de temperatura a lo largo del día (que generan una estacionalidad diaria superficialmente parecida a la estacionalidad anual de las latitudes mayores) han generado una biodiversidad especial que presenta adaptaciones como la vellosidad, los colores oscuros, la pequeñez y dureza en las hojas, la protección de órganos jóvenes en materia (viva o muerta) producida con anterioridad y la disminución del metabolismo en las horas de más frío, entre otras. En algunos casos, como el de los frailejones, las adaptaciones pueden ser microscópicas y muy sofisticadas. Entre los animales sobresale en este sentido el colibrí "estrella del Chimborazo" (*Oreotrochilus chimborazo*), que disminuye su metabolismo hasta casi llegar a un estado de coma en las horas de la noche y madrugada, para recuperarse y volar en busca de néctar en los momentos menos fríos del día (Carrión 2000). En otras especies, las adaptaciones parecen estar ausentes o son muy inconspicuas, y posiblemente muchas de ellas sobreviven en este medio gracias a la protección que ofrece la vegetación circundante (Lægaard 1992). Es notable, por ejemplo, la cantidad de pequeñas hierbas aparentemente poco acondicionadas a este ambiente que crecen entre el pajonal, las rosetas, los arbustos y las almohadillas (Mena & Balslev 1986). A lo largo de su extensión en Sudamérica se han reconocido más de 4.000 plantas vasculares parameras (Rangel 2000), la mayoría de ellas endémicas a este ecosistema (Luteyn 1999). En el Ecuador se ha estimado la existencia de 1.500 especies de plantas vasculares, una cifra alta para ecosistemas montañosos (León Yánez 1993).

Al contrario de lo que parece suceder en los otros países parameros, especialmente Colombia y Venezuela, la discusión acerca de cuán natural es el páramo está bastante activa en el Ecuador, donde por lo menos los típicos pajonales parecen haber sido en buena parte generados en algunos casos desde hace siglos por acciones humanas como la quema, el pastoreo con ganado foráneo y la plantación de especies forestales exóticas (Lægaard 1992; Hofstede 1995, 2001, 2002b; Sarmiento y Frolich 2002).

La existencia de manchas de bosques densos en altitudes de hasta 4.000 metros en sitios relativamente protegidos en medio de una matriz de pajonal, que muchas veces sigue siendo quemada y pastoreada, hace surgir la interrogación: ¿son remanentes de ecosistemas boscosos mucho más extensos y que se han salvado de las quemas? ¿O están en las zonas donde naturalmente los bosques pueden crecer y mantenerse a esas altitudes, con o sin quemas? También existen páramos de pajonal que parecen no haber sufrido impactos mayores y que representan una vegetación natural.

Este tipo de páramo en el Ecuador, el pajonal, es uno de los varios tipos que se pueden encontrar en el país. Utilizando un criterio estructural ecléctico pero útil para clasificarlos (Proyecto Páramo 1999, Mena & Medina 2001), resulta que a más de los pajonales, que representan un 60% de la totalidad de la superficie de páramos del Ecuador, hay:

- Páramos de frailejones, dominados por *Espeletia pycnophylla* en las provincias

limítrofes con Colombia y en una población aberrante en el centro del país (Llanganates);
- Páramos húmedos hacia la hoya amazónica, donde los pajonales son remplazados por otras herbáceas como el bambú enano *Neurolepis aristata* y varias formadoras de almohadillas;
- Páramos secos sobre arenales, especialmente alrededor del Chimborazo, donde la paja más común (*Calamagrostis intermedia*) es remplazada en gran parte por *Stipa ichu*;
- Superpáramo en las montañas más altas, donde pocas especies vegetales pueden sobrevivir a las condiciones edáficas y climáticas sobre los 4.200 metros,
- Superpáramos azonales en los lahares del Cotopaxi y el Antisana, con una vegetación en sucesión temprana que, a elevaciones mucho menores, evoca los superpáramos verdaderos;
- Páramo arbustivo, endémico al Parque Nacional Podocarpus en el Sur del país.

Los suelos de los páramos son una de sus características más sobresalientes, especialmente por la significación que han adquirido en los últimos tiempos como los mantenedores primarios del servicio ambiental más preciado del páramo: la captación y distribución de agua hacia las tierras bajas. En el Ecuador la mayor parte de ellos es de origen volcánico reciente. Esta característica, sumada a la frialdad general del clima de los páramos, que evita que la materia orgánica se descomponga rápidamente, genera una estructura tridimensional especial que funciona como una esponja que cumple con la función hidrológica mencionada. Además, este suelo al contener hasta un 50% de materia orgánica, es un sumidero de carbono y así contribuye, de manera pasiva pero importante, a paliar los efectos del calentamiento global por causa de la acumulación atmosférica de gases como el dióxido de carbono (Podwojewski & Poulenard 2000a, b).

La historia del uso y la conservación de los páramos en el Ecuador

El estado de conservación de este ecosistema en el Ecuador, al igual –en términos generales– que en los otros países parameros, puede resumirse diciendo que existe un mosaico de diferentes estados desde bien conservado hasta muy degradado. Un estudio demostró para el Ecuador una C invertida en el sentido de que el estado de conservación de los páramos del norte, del sur y del oriente es mejor que el de los páramos centrales y occidentales (Coppus *et al*. 2001). Hofstede *et al.* (2002a) han estimado que la mitad de todos los páramos de pajonal tiene un bajo estado de conservación y apenas una décima parte está en buen estado de conservación. La explicación básica para la aparición de este patrón parece estar en que las provincias de la Sierra central y particularmente en la cordillera occidental, han sido más accesibles y han tenido históricamente más habitantes y que las otras zonas, especialmente las orientales, presentan una topografía y un clima poco propicios para los asentamientos y las actividades de los seres humanos.

La utilización de los páramos ecuatorianos, especialmente los de la sierra central (fundamentalmente las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar y Cañar) se remonta a tiempos preincaicos (Ramón 2002, Suárez 2002). Se encuentran fortificaciones, miradores, reservorios y otros indicios de culturas como la Kañari, la Puruhá, la Caranqui y la Palta en varios puntos a lo largo de las partes altas de los Andes ecuatorianos. El páramo constituyó uno de los elementos unificadores del Imperio Inca, como lo demuestra, por ejemplo, el hecho de que mucho del Qapac Ñan o Gran Camino del Inca vaya por este ecosistema, o las varias fortificaciones y observatorios estratégicos (pucarás) incas en las alturas andinas.

La llegada de la invasión española en el siglo 15 representó el segundo gran cambio para los páramos ecuatorianos. El primero fue

la colonización Inca, que importó técnicas avanzadas para la agricultura, entre ellos el uso de camélidos y con ellos los usos directos de páramo y no sólo para vías y fortificaciones. Los usos tradicionales incluían el pastoreo ligero para camélidos y, en las partes más bajas, agricultura con tubérculos andinos y ganadería de animales menores como el cuy. La gente europea parece haber encontrado cierto parecido entre los ecosistemas altoandinos que primero visitaron y los sitios yermos de Castilla conocidos precisamente como páramos, tal vez básicamente por la escasez de especies arbóreas. De entre la serie de especies traídas del viejo continente, como vacas, ovejas y caballos, se empezaron a usar extensivamente grandes rebaños de ovejas en estas tierras, por la aparente aptitud para esta especie.

Con el auge de la industria de la lana en la Colonia, hubo rebaños de ovejas de varias decenas de miles de cabezas. Los impactos negativos de esto todavía pueden observarse activamente. El ecosistema páramo no está evolutivamente adaptado, como una sabana africana, a la presencia y acción de grandes herbívoros. Aparte de que en muchos casos arrancan de raíz las plantas - las cuales carecen de una gran capacidad regenerativa - el propio peso de los individuos y la forma roma de sus cascos generan cambios irreversibles en la vegetación y el suelo (Hofstede 1995, Ramón 2002). Esto, junto a la quema del pajonal para que surjan plantas jóvenes, supuestamente más apetecibles para el ganado exótico; el avance de la frontera agrícola a altitudes exageradas; la plantación de especies arbóreas exóticas como los pinos, y otras actividades como turismo mal planificado y la minería, han generado una situación de creciente impacto y amenaza para el ecosistema. Este impacto, aparte de los daños inmediatos y mediatos sobre la biodiversidad y el ambiente en términos amplios, se manifiesta en un descenso en la calidad de vida tanto de la gente que vive directamente del ecosistema –en su mayoría comunidades indígenas y campesinas marginadas– como de la que vive indirectamente del páramo y que suma millones de personas que usan el agua que baja de él (cada vez de menor cantidad y calidad) para riego, agua potable e hidroelectricidad en las tierras bajas.

La nueva visión del manejo de los páramos en el Ecuador y el mundo

Los obvios problemas de conservación y de pobreza en el ecosistema ha sido reconocidos desde antaño, pero recientemente ha habido una explosión de interés por el ecosistema en términos ecológicos y antropológicos. El páramo ha sido tradicionalmente percibido como un ecosistema frío y poco interesante por la gente urbana, un sitio al que no va casi nadie y al que se visita sólo por algún tipo de interés científico o para disfrutar (a pesar del mal clima) de sus hermosos paisajes y de un cada vez más esquivo cóndor. Ha sido un sitio al que podría definirse con la frase "al páramo hay que hacerle servir para algo, ya que naturalmente no sirve para nada". Esta actitud ha llevado, de un lado, a que las comunidades rurales pobres, por necesidad hayan aumentado su uso directo del páramo para cultivos de sustento y para el pastoreo de sus animales domésticos y, de otro lado, ha llevado a convertir grandes extensiones de páramos en haciendas de ganadería extensiva o en plantaciones de pinos exóticos con dudoso éxito y claro impacto ambiental (Hofstede *et al*. 2002b).

Actualmente, esta percepción está cambiando: ahora se le ve al páramo como poseedor de una serie de factores estratégicos que proveen de grandes beneficios a la población, incluso (o principalmente) a aquella que está lejos de los límites del ecosistema. Este cambio de percepción por parte de la gente externa, a su vez, está haciendo también cambiar a la gente del páramo, que ve hora a su terruño como algo que se puede aprovechar más allá de la supervivencia a través de una agricultura y una ganadería precarias. Términos como

ecoturismo y servicios ambientales han entrado en el léxico de las comunidades andinas (Ati 1999, Morocho 2001), así como en el de las anacrónicas mega-haciendas (Cobo 2001, Pérez 2001). Esta explosión de interés ha creado - por lo menos en algunos casos - sobreexpectativas que se basan en la creencia que un ecoturismo efectivo sólo necesita de un paisaje bonito y de gente interesante y comprometida como parte de él, cuando en realidad se requiere de varios otros factores, como capacidad de gestión y accesibilidad a recursos económicos, muchos de ellos fuera de la gobernabilidad de la gente paramera.

Más allá de las potencialidades que los páramos ecuatorianos puedan tener en los ámbitos señalados en el acápite anterior y en otros, es un hecho que los páramos son y han sido el sustento de muchas personas desde hace mucho tiempo.

Los páramos: ecosistemas productivos con límites

El análisis de la productividad del ecosistema paramero es un tema que puede plantearse desde varios frentes, todos ellos interrelacionados: la productividad en términos puramente ecológicos, la productividad relacionada con la agrobiodiversidad nativa y exótica, y la productividad relacionada con los servicios ambientales potenciales o reales del ecosistema.

En términos puramente ecológicos, se trata de la producción primaria, es decir, la cantidad de materia orgánica fabricada gracias a la fotosíntesis por parte de las plantas y otros seres autótrofos. En los páramos no disturbados, con suelos ricos y una insolación notable, esta producción primaria puede ser relativamente alta, a pesar de la gran altitud a la que se encuentran, aunque la capacidad se pierde notablemente cuando se altera demasiado la cobertura vegetal original a través de prácticas como el sobrepastoreo y la quema repetitiva (Hofstede 1995, Ramsay & Oxley 2001). Esta capacidad productiva consustancial al páramo ha sido aprovechada desde tiempos precolombinos para cultivar en las partes más aptas (es decir, aquellas menos altas, escarpadas e inundadas) ciertas especies vegetales (una lista de las especies vegetales presentadas en este artículo se presenta en la Tabla 1). Algunas de ellas todavía se encuentran en los mercados, en algunos casos de manera amplia, como la papa, el melloco, la oca y la mashua. Posiblemente hablar de cultivos parameros sea poco apropiado en términos estrictos, porque los páramos propiamente dichos tienen una aptitud agrícola generalmente baja debida a las bajas temperaturas, las fuertes pendientes y las zonas cenagosas. Sin embargo, los cultivos mencionados y otros menos conocidos son de las partes más altas donde se puede cultivar algo en los Andes, es decir, la zona que corresponde al subpáramo. Por otro lado, en términos menos biológicos y más culturales, el páramo no necesariamente está en estas zonas de baja aptitud agropecuaria sino en los alrededores de los poblados donde la gente que habita la zona altoandina también ha tenido tradicionalmente sus cultivos, a veces desde hace siglos. Entonces no debe considerarse sólo un ecosistema en el sentido tradicional, sino como el producto de una historia humana (Albán & Burbano 2001, Mera 2001, Recharte & Gearheard 2001, Robles *et al*. 2001). En cualquier caso, no parece exagerado o falaz hablar de cultivos de páramo, aunque éstos no estén en las percepciones de la gente que no vive en ellos.

La papa o patata (*Solanum tuberosum* y otras especies de difícil taxonomía), ahora mundialmente popular, parece haber tenido su origen en las partes altas de los Andes. Otros tubérculos de consumo nacional y local, como el melloco o ulluco, (*Ullucus tuberosus*), la oca (*Oxalis tuberosa*) y la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), también tienen un origen altoandino. La quinoa (*Chenopodium quinoa)* merece una mención aparte. Es un cultivo andino de potencialidad que se cultiva y

Tabla 1: Especies vegetales representativas de los páramos ecuatorianos y sus usos principales.

Nombre	Familia	Nombre común	Usos principales
Amaranthus caudatus L.	Amaranthaceae	Amaranto, sangorache	Alimento
Amaranthus quitensis Kunth	Amaranthaceae	Amaranto, sangorache	Alimento
Arracacia xanthorrhiza Bancr.	Apiaceae	Zanahoria blanca	Alimento
Blechnum sp.	Blechnaceae	Llashipa	Ornamento
Boletus luteus	Boletaceae (Fungi)	Hongo del pino	Alimento (introd.)
Buddleja incana Ruiz & Pavón	Buddlejaceae	Quishuar	Leña, cortinas de viento
Calamagrostis intermedia (J. Presl) Steud.	Poaceae	Paja de páramo	Construcción, artesanía
Chenopodium quinoa Willd.	Chenopodiaceae	Quínoa	Alimento
Chuquiraga jussieui J.F. Gmel.	Asteraceae	Chuquiragua	Medicina, ornamento
Culcitium cf. *longifolium* Turcz.	Asteraceae	Flor del Ángel	Ornamento
Espeletia pycnophylla Cuatr.	Asteraceae	Frailejón	Medicina (hojas)
Gynoxis spp.	Asteraceae	Piquil	Leña
Hesperomeles spp.	Rosaceae	Huagramanzana	Alimento, leña
Hypericum lancioides Cuatrec.	Hypericaceae	Romerillo	Leña, medicina
Hypericum laricifolium Juss.	Hypericaceae	Romerillo	Leña, medicina
Lupinus spp.	Fabaceae	Allpachocho	Medicina
Macleania salapa (Benth.) Hook. f. ex Hoerold.	Ericaceae	Joyapa	Alimento
Micromeria nubigena (Kunth) Benth.	Lamiaceae	Sunfo	Medicina
Mirabilis expansa (Ruiz & Pavón) Standl.	Nyctaginaceae	Miso	Alimento (introd.)
Morella pubescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Myricaceae	Laurel de cera	Leña, medicina
Neurolepis aristata (Munro) Hitchc.	Poaceae	Suro de páramo	?
Oreocallis grandiflora (Lam.) R. Br.	Proteaceae	Cucharilla	Medicina, leña
Oxalis sp.	Oxalidaceae	Chirisiqui	Alimento
Oxalis tuberosa Molina	Oxalidaceae	Oca	Alimento
Pinus patula Schltdl. & Cham.	Pinaceae	Pino	Leña, madera, (introd.)
Pinus radiata D. Don	Pinaceae	Pino	Leña, madera, hongos (introd.)
Polylepis spp.	Rosaceae	Yagual	Leña, postes
Polymnia sonchifolia Poepp.	Asteraceae	Jícama	Alimento
Puya spp.	Bromeliaceae	Achupalla	Medicina
Ranunculus gusmannii Humb. ex Caldas	Ranunculaceae	Urcurrosa	Medicina
Rubus spp.	Rosaceae	Mora	Alimento
Solanum tuberosum L.	Solanaceae	Papa	Alimento
Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth	Poaceae	Paja de páramo	Construcción
Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón	Tropaeolaceae	Mashua	Alimento
Ullucus tuberosus Caldas	Basellaceae	Melloco	Alimento
Vaccinium floribundum Kunth	Ericaceae	Mortiño	Alimento
Valeriana spp.	Valerianaceae	Valeriana	Medicina
Vicia faba L.	Fabaceae	Haba	Alimento (introd.)

consume mayormente en Perú y Bolivia, pero que en el Ecuador tiene apenas un mercado local y un uso doméstico con ciertos visos de desarrollo mayor. Sin embargo, es un cultivo que es muy promovido por diferentes organismos de desarrollo local (NRC 1989). Otro cultivo (aunque sea exótico) de los páramos bajos es el haba *(Vicia faba)*, que si bien tiene su mercado, es generalmente sembrada como cultivo alterno a la papa. Muchas comunidades altoandinas continúan manteniendo éstas y otras especies como parte de su dieta básica y, en ocasiones, como parte de sus productos comerciables. Son notables y aún se encuentran poco descritas y analizadas las especies usadas localmente como madera y leña, medicina, rituales, comida, construcción y otros, generalmente a través de prácticas de recolección directa. Ciertos animales propios del las zonas altoandinas, especialmente los camélidos (llegados aparentemente a los páramos por primera vez hace 2.000 años por dispersión humana, y mucho más masivamente luego de la colonización inca) y los cuyes, a más de otros aprovechados a través de prácticas de cacería para la alimentación (venados, roedores, aves) y pesca, también constituyeron desde temprano parte de la productividad socioeconómica del páramo. En la actualidad son especies exóticas de alto impacto las que más relación tienen con el páramo, especialmente ganado vacuno y lanar, aunque hay un repunte de los rebaños de alpacas y llamas (Crissman 2001, White 2001). La alpaca, si bien no ha existido naturalmente en el Ecuador en tiempos prehistóricos, fue ampliamente utilizada en épocas prehispánicas. Probablemente con la llegada del ganado lanar de los españoles se degeneró genéticamente la calidad particularmente de las alpacas, y recién en las últimas décadas con el protagonismo de ciertas haciendas privadas como facilitadores y algunas comunidades pioneras, se están reintroduciendo alpacas con buena calidad de fibra en varias zonas de la sierra ecuatoriana y con buenas perspectivas de mercado. Un próximo paso, actualmente bajo estudio, es aprovechar sustentablemente la población introducida de vicuñas en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo. En el Perú ya existen experiencias positivas con el manejo sustentable de poblaciones (semi) silvestres de este camélido nativo en áreas protegidas y en colaboración y para el beneficio de las poblaciones humanas asentadas en la puna alrededor de Arequipa. En términos más específicos de conservación de la vegetación paramera y de la productividad general del ecosistema, los camélidos (al contrario de reses y ovinos) pueden generar una producción económica interesante con una dieta casi exclusivamente constituida de paja y otras plantas de escaso contendido proteico y con un impacto ambiental mucho menor.

Nieto & Estrella (2000) hablan de una agrobiodiversidad paramera abundante, que incluye tanto especies autóctonas como exóticas de uso tradicional o antiguo. Hay que tomar en cuenta que la extensión territorial que usan estos autores en su artículo va más allá de lo que se llamaría comúnmente páramo (aunque siempre en las partes altoandinas). Además, los autores señalan que los estudios que se han hecho en términos de producción e interés comercial se han centrado en las especies ya conocidas (tanto animales como vegetales) en la producción agropecuaria, incluyendo las de interés fitopatológico. Poco o nada se sabe en este sentido de la mayoría de plantas y de aves y mamíferos autóctonos, anfibios, reptiles, peces e invertebrados no patógenos.

Lo que sí está claro es que muchas de las especies usadas tradicionalmente y de los mismos usos tradicionales se están perdiendo ante el avance de variedades mejoradas o de cambios socioeconómicos y culturales de variada índole. También es interesante que algunas especies, por ejemplo ganado vacuno y lanar, se han adaptado bien a las condiciones altoandinas y específicamente parameras, y así se han generado variedades criollas propias, relativamente poco productivas pero muy

resistentes. Un resultado especial de este fenómeno se da, por ejemplo, en la Sierra central, donde una raza enana de ovejas sobrevive en el páramo seco de las faldas del Chimborazo. La relación con la productividad del páramo es interesante por lo perverso del proceso, llevado a cabo por poblaciones humanas marginadas y carentes de alternativas: el producto que se obtiene de manejar estos rebaños es la majada de las ovejas, que se recoge como abono, con lo que se le quita a este páramo de por sí muy frágil, lo poco que le queda a un suelo particularmente pauperizado, aparte de generar magros ingresos para la población local.

Nieto & Estrella (2000) citan a más de los tubérculos clásicos ya mencionados otras plantas autóctonas altoandinas como la zanahoria blanca (*Arracia xanthorhiza*), la jícama (*Polymnia sonchifolia*), el miso (*Mirabilis expansa*) y el chirisiqui (*Oxalis* sp., una especie diferente a la de la oca), entre otras. Los pseudocereales (plantas similares a los cereales pero de familias diferentes a Poaceae) también forman una parte importante de la agrobiodiversidad cuasiparamera. Al igual que con los tubérculos, especialmente la quinoa (*Chenopodium quinoa*), han logrado fama internacional y existen variedades comerciales de alta productividad, pero otros como los amarantos (*Amaranthus caudatus* y *A. quitensis*) permanecen como parte de una cultura bromatológica bastante restringida. La mayoría de los frutos de páramos nativos señalados por estos autores tienen un uso también muy restringido y local, entre los que sobresalen los mortiños (*Vaccinium floribundum*) por su aceptación en mercados más urbanos, pero casi únicamente durante la celebración del Día de Difuntos, cuando forman parte de una colada típica muy popular. Varias especies leñosas netamente parameras aparecen en sus listas como útiles, especialmente como fuentes de leña y a veces de madera o de otros servicios como frutos o medicina. Los árboles y arbustos más sobresalientes son los yahuales, colorados o pantzas (*Polylepis* spp.), el quishuar o quijuar (*Buddleja incana*), el piquil (*Gynoxis* spp.), la chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*), el romerillo (*Hypericum laricifolium* e *H. lancioides*) y el laurel de cera (*Morella pubescens).* En todos los casos el uso es restringido y, aunque no parecen existir estudios específicos al respecto, se puede aseverar que no existe un mercado amplio.

Por su parte, Vega & Martínez (2000) llevaron a cabo un pionero análisis preliminar de los productos económicamente sustentables de los páramos ecuatorianos. El objetivo de este estudio no era descriptivo solamente sino un intento de encontrar potencialidades de mercado, con el objeto de "mejorar el potencial económico para individuos, organizaciones u otros agentes económicos…". Las actividades con potencial económico en los páramos que ya se llevan a cabo o que podrían desarrollarse y que son analizadas en este estudio son la cría de alpacas, preñadillas y truchas, centros de investigación aplicada, turismo de montaña, el cultivo de tubérculos y leguminosas, la recolección y / o cultivo y uso de la chuquiragua y otras flores de páramo, de los frailejones, de los frutos de páramo, del pajonal, de las plantas medicinales y del *Polylepis* o yagual. A continuación se reseñarán brevemente las relacionadas con plantas.

Con respecto a los tubérculos, Vega & Martínez (2000) refuerzan la evidencia de que muchas de las variedades se han perdido ante la necesidad que tienen las poblaciones rurales y campesinas de entrar en una economía de mercado. La potencial entrada del Ecuador en acuerdos comerciales internacionales como el Tratado de Libre Comercio entre los países Andinos y los Estados Unidos (TLC), podría poner a estos productos en un predicamento aún peor, a no ser que se logren establecer redes amplias de producción, acopio y comercialización de estos productos. Esto puede resultar muy difícil porque, como demuestran Vega & Martínez (2000), con la excepción de la papa (tomada, además, en general y no como variedades locales) y hasta cierto punto del melloco, los otros tubérculos

andinos tienen un mercado muy restringido y una aceptación muy baja en los mercados urbanos, no se diga internacionales. Sin embargo, ante la incertidumbre general acerca de las consecuencias de los tratados comerciales internacionales en el agro y otros ámbitos como la propiedad intelectual, la discusión es todavía prematura, aunque no deja de ser por ello intimidante (Flores 2005, Ruiz 2005, M. Pinto, antiguo miembro de la mesa negociadora del TLC del Ecuador, entrevista con el periodista Diego Oquendo, Programa Buenos Días, Radio Visión, junio de 2005, Quito).

Las fortalezas de estos cultivos –es decir, ser nativos y no demandar de muchos agroquímicos– disminuyen ante la fuerza del mercado que les confiere poca potencialidad frente a una demanda muy escasa. Otros productos parameros como el mortiño (*Vaccinium floribundum*) y la huagramanzana (*Hesperomeles* spp.), clasificados en el trabajo de Vega & Martínez (2000) como frutos de páramo, tienen iguales vaticinios y posiblemente su potencialidad mayor esté en la generación de materia prima para productos químicos en los países industrializados y en la explosión de interés en los productos naturales en estos mismos países. Los mortiños mejorados tienen un mercado potencial interesante, pero se trata de otras especies, las cuales han experimentado un largo proceso de selección artificial.

Las flores de páramo como la chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*) presentan cierta potencialidad pero se enfrentan principalmente a un precio muy bajo y a un desconocimiento sobre sus formas de propagación. Existe una buena aceptación de varias de ellas, aunque también haya la amenaza de que su recolección excesiva cause extinciones locales o incluso totales. Aparte de la chuquiragua se habla de *Culcitium* cf. *longifolium*, una especie muy atractiva (flor del ángel o frailejón hembra), que aparentemente tuvo un buen inicio de comercialización en mercados internacionales pero que, hasta donde se sabe (la información es celosamente guardada) ha fracasado tras un par de años. Sin embargo, después de su breve bonanza, ha quedado por lo menos la técnica de propagación y ahora es muy común ver esta flor alrededor de las fincas parameras y en algunos pueblos andinos. Acerca de las orquídeas de páramo, abundantes y en algunos casos atractivas, todavía se carece de información y aparentemente no existen experiencias al respecto. Ciertos datos anecdóticos con orquídeas en zonas más bajas hacen prever la amenaza de extinciones locales si una recolección de orquídeas parameras probase ser económicamente rentable.

En relación a la potencia comercial de especies de flora (o fauna) de páramos con poco mercado actual y sin experiencia de manejo sustentable en campo y mercado, es fundamental constatar que hasta ahora el país no conoce un buen marco regulador para su aprovechamiento ni para su comercialización. Esto, sin embargo, brinda la posibilidad que el estado desarrolle esta reglamentación paralelamente al desarrollo de las posibilidades comerciales, para que haya un beneficio mutuo entre un mercado bien regulado y promovido y una población natural protegida y estable.

Los frailejones (*Espeletia pycnophylla*) son tratados en acápite aparte. No se conocen experiencias de manejo o de comercialización, pero se sabe que la gente local las usa como ornamento y como medicina (respiratoria). Parece que su importancia comercial más notable es la atracción de turistas a los páramos norteños donde genera un paisaje único. La experiencia sorpresivamente alentadora de los frailejones en el recientemente inaugurado Jardín Botánico en Quito (Figura 1) podría indicar cierto potencial como ornamentales fuera del páramo. Otra planta icono del páramo es el pajonal, representado en el Ecuador especialmente por la especie *Calamagrostis intermedia*. Aparte de ser el componente esencial del 70% de los páramos ecuatorianos y por lo tanto de sus atractivos y servicios, la paja es usada directamente y localmente muy abundante, para construcción y artesanías

(cestas). Su uso actual más importante, a pesar del impacto en el ecosistema que estas actividades representan, es como alimento directo de ganado vacuno y lanar. En ciertas zonas del país, se usan grandes cantidades de paja de páramo para cobertura y el mejoramiento de del suelo en cultivos, particularmente de frutas.

Las plantas medicinales conforman un grupo relativamente grande de plantas con diversos grados de potencialidad. La diversidad taxonómica es notable e incluye a las achupallas (*Puya* spp.), los chochos silvestres (*Lupinus* spp.), el sunfo (*Micromeria nubigena*), la urcurrosa (*Ranunculus gusmannii*) y la valeriana (*Valeriana* spp.), a más de las ya reseñadas chuquiragua y frailejón. A pesar de que el mercado en la parte rural es más desarrollado, algunas de ellas pueden ser encontradas en los mercados urbanos. Pese al embate que han sufrido estas prácticas por el desarrollo de la medicina química, hay un repunte en los mercados internacionales de los productos naturales, lo que representa un mercado potencial interesante. Sin embargo, la falta de estudios sobre su propagación y conservación crea problemas socioeconómicos y ecológicos. La pérdida notable de los conocimientos tradicionales coadyuva a que la situación de estas plantas, a pesar de esta potencialidad, no sea del todo halagadora.

El último grupo de plantas útiles es el de los yaguales (*Polylepis* spp.). Esta leñosa forma en ciertas zonas bosques casi monoespecíficos muy atractivos que pueden llegar a grandes altitudes en los páramos. Al igual que los frailejones, su principal utilidad parece estar relacionada con el atractivo paisajístico, pero a más de esto se han reportado decenas de usos directos entre los que destacan ser fuente calorífica de alto poder (leña y carbón), madera para cabos de herramientas y cercas, barreras rompevientos,

Fig. 1: Un ejemplar de frailejón (*Espeletia pycnophylla*) creciendo aparentemente saludable en el Jardín Botánico de Quito (incluso produce flores), en condiciones bastante diferentes a las de su hábitat natural en términos de temperatura, humedad y suelo. Foto: P. Mena / EcoCiencia.

pequeñas artesanías con la corteza laminar, hojas como alimento para ganado, protección de suelos y materia prima para tintes (CESA 1993, Fjeldså & Kessler 1996). El mercado potencial de esta especie es de centenares de miles de personas que viven en o cerca del páramo, pero, al momento de la publicación sólo había reportes de mercado para leña y carbón. Nuevamente, se carece de estudios específicos de oferta y demanda, no se tienen datos científicos definitivos sobre su fenología, entre otros, lo que hace que las fortalezas y oportunidades de estas especies no puedan desarrollarse frente a debilidades como lo tortuoso del tronco y amenazas como la introducción de especies exóticas en su hábitat.

Desde un punto de vista de los productos forestales no maderables (PFNM), Añazco *et al*. (2004) integran el análisis de los páramos al de otros ecosistemas serranos. De acuerdo con estos autores, en toda la región son pocas las especies vegetales que se utilizan y comercializan, con excepción de las plantas medicinales, algunas ornamentales y los frutos de temporada. Para el páramo específicamente, el mortiño (*Vaccinium floribundum*) es la única fruta señalada. Sin embargo, se indican otras frutas que, sin ser de páramo en términos estrictos, están en las partes altas de los Andes, como *Macleania salapa* (las joyapas) y *Rubus* spp. (las moras). Entre las medicinales se señalan la chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*), la cucharilla (*Oreocallis grandiflora*) y la valeriana (*Valeriana* spp.). Dos elementos interesantes que no aparecen en otras fuentes consultadas son los hongos y los helechos. En el primer caso se trata de los hongos que crecen simbióticamente en las raíces de los pinos (*Pinus radiata*) y que han resultado, en algunos casos, una fuente de ingresos mejor que los mismos pinos. En salinas de Bolívar, por ejemplo, incluso se hacen exportaciones internacionales de esta especie (*Boletus luteus*). Los helechos, comercializados desde Azogues para los mercados de Guayaquil como parte de los arreglos florales, pertenecen a una especie de *Blechnum* localmente conocida como llashipa.

En la sección de casos especiales, el laurel de cera (*Morella* spp.) es presentado como un típico caso de un elemento de la biodiversidad altoandina que se desaprovecha en el Ecuador. De amplia distribución en toda la Sierra, posee frutos de los cuales se puede extraer una cera que se comercializa en bloques (como sucede en el sur de Colombia). Por alguna razón, las comunidades no aprovechan de éste y otros productos potenciales que podrían mejorar sus ingresos. En algunos casos se necesitará de una facilitación externa (Añazco *et al*. 2004).

La alternativa productiva: los servicios ambientales del páramo

Aparte de los usos que pueden prestar varias especies o grupos de especies del páramo, el ecosistema como un todo también genera beneficios para la sociedad, tanto en el páramo mismo como a grupos humanos alejados del páramo pero que lo aprovechan de manera muy importante (muchas veces sin enterarse de ello). Ya se ha considerado un par de casos el servicio ambiental relacionado con la belleza escénica (frailejones y yaguales). De hecho, esta característica viene dada por el conjunto de frailejones y yaguales y no por los individuos aislados. El paisaje de páramo, en general, puede ser muy atractivo y así generar ingresos para las comunidades locales y para empresas a más amplia escala a través de un ecoturismo bien entendido y manejado (Figura 2). Hay ejemplos de comunidades que están intentando desarrollar actividades en este sentido, como las que forman parte de la Federación de Organizaciones y Comunidades Indígenas de las Faldas del Chimborazo y de empresas grandes que aprovechan la infraestructura y la superficie de las grandes haciendas, como las de la zona del Cotopaxi (Pérez 2001). Si bien el ecoturismo bien manejado puede ser una alternativa muy sustentable para las comunidades parameras, se corre al momento

Fig. 2: El paisaje paramero puede ser espectacular y sobrecogedor, incluso en lugares tan alterados como las faldas del Chimborazo.Foto: P. Mena / EcoCiencia.

el riesgo de que cualquier comunidad vea en su páramo una oportunidad de éstas cuando en realidad su infraestructura podría ser insuficiente (local y regionalmente), su capacitación inadecuada y la misma oferta turística reducida (Perrone 2001). La vegetación también tiene qué ver, de manera tal vez indirecta pero muy importante, con ambos servicios ambientales que han recibido mucha atención en los últimos tiempos: la provisión de agua y la retención de carbono. Son los particulares suelos parameros los que realizan de manera directa estas funciones, pero la vegetación contribuye tanto en su formación como en su conservación y retención.

El cambio climático y más específicamente el calentamiento global se deben a que en el último siglo el uso de combustibles fósiles y la deforestación han aumentado exponencialmente, con la consecuente producción excesiva de CO_2 (dióxido de carbono), lo que ha causado que su concentración en la atmósfera sea mucho más alta que la natural. Por esto el globo se está calentando: es el llamado efecto invernadero. Para la mitigación de este efecto, existen dos maneras complementarias de bajar la concentración de CO_2 atmosférico. La primera es evitar o al menos disminuir importantemente, las emisiones de CO_2 y la segunda es remover el exceso que ya está en la atmósfera. Evitar o disminuir sustancialmente las emisiones se puede lograr por medio de una industria y unos vehículos más eficientes en su uso de combustible, pero también al evitar la tala de

bosques, que en su mayoría después se queman y así producen CO_2. Eliminar CO_2 de la atmósfera actualmente se puede hacer sólo de una manera: plantando árboles, ya que un árbol en crecimiento fija CO_2 en vez de emitirlo.

¿Qué papel puede tener el páramo en todo esto? En primer lugar, en el páramo también existe destrucción de vegetación natural (pajonal y pequeños bosquetes), lo que es una fuente de emisión de CO_2. Pero hay otro aspecto importante: el páramo es un ecosistema que tiene suelos profundos y con una gran cantidad de materia orgánica (o sea, carbono) almacenado en su suelo (en ciertas condiciones mucho más que en bosque tropical, Hofstede & Aguirre 1999). Por diferentes prácticas agrícolas no tan sostenibles, este suelo orgánico tiende a agotarse y a erosionarse, un proceso en que el carbono se oxida y también forma CO_2 que se va a la atmósfera. En otras palabras, con una buena protección del páramo, evitando las quemas de la vegetación natural y la erosión del suelo, se está previniendo la emisión de carbono en forma de CO_2 a la atmósfera y contribuyendo a paliar el efecto invernadero.

De otro lado, los pajonales del páramo bajo ofrecen buenas oportunidades de forestación con ciertas especies de árboles autóctonas de la zona y que pueden fijar el CO_2 de la atmósfera, aportando así en la lucha contra el calentamiento global. En el Ecuador existe un programa internacional que financió por esta razón 20.000 hectáreas de plantaciones forestales. Sin embargo, este programa empleó en su gran mayoría especies exóticas *(Pinus radiata* y *P. patula)*, que tienen efectos ambientales no siempre positivos (Hofstede *et al*. 2002b, Farley *et al*. 2004). Además, se ha discutido críticamente el efecto social, cultural y económico de estas actividades sobre las comunidades parameras (Smith & Scherr 2002, Albán & Argüello 2004).

El mecanismo de mercado para el carbono desarrollado bajo el protocolo de Kyoto se denomina el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Desafortunadamente para el páramo, este mecanismo no se aplica a carbono almacenado en los suelos y vegetación, sino únicamente a la revegetación o siembra. Por esto, la gran cantidad de carbono que hay en sus suelos, que colabora de manera indirecta pero importante a mitigar el efecto invernadero, todavía no puede ser considerada ni utilizada como una alternativa económica viable para las comunidades u otros dueños del páramo. Además, precisamente por la discusión alrededor de los impactos ambientales y sociales de las plantaciones forestales en páramo y porque los costos para el establecimiento de estas plantaciones resultan mucho más grandes (en términos de costo por tonelada de CO_2 fijado) de lo que se pensó originalmente, la posibilidad de poder aprovechar del mercado de carbono en el páramo parece no ser muy grande.

La capacidad del páramo como almacenador y distribuidor del agua proveniente de las lluvias, los deshielos y la condensación de la neblina se basa en una estructura especial de sus suelos, salvaguardada por la vegetación que crece sobre ellos, y que los hace funcionar como una esponja que recoge y distribuye el agua de manera constante y limpia, incluso en épocas de sequía. Al igual que en el caso anterior, se trata de una característica muy frágil que se perturba profundamente por prácticamente cualquier intervención en el páramo. Esta estructura no se recupera como lo hace la de una esponja típica y por tanto pierde su capacidad hidrofílica una vez que se ha alterado (es una esponja de una sola vida, Podwojewski & Poulenard 2000, Podwojewski *et al.* 2002). El servicio ambiental que presta el páramo en este sentido es excepcional: la mayor parte del agua que sirve para el riego, el agua potable y la hidroelectricidad de los campos y pueblos serranos, e incluso de aquellos amazónicos y costeños, tiene sus fuentes en las grandes alturas andinas (lo propio sucede en los otros países parameros).

Recientemente se ha desarrollado un interés especial por la protección de los

páramos que circundan a ciudades como Quito y Cuenca, de parte de las agencias de agua correspondientes y de ONGs y comunidades interesadas. Hay varios modelos que se han empleado en este sentido. La empresa municipal de agua potable de la ciudad de Cuenca (ETAPA), por ejemplo, entre sus estrategias para manejar la creciente demanda de agua de esta ciudad en el sur de la sierra ecuatoriana, ha logrado la concesión del manejo del Parque Nacional Cajas, que posee mayormente páramos y de donde nace buena parte de la provisión hídrica de la zona. También con este fin ha empezado a comprar tierras de boques andinos y de páramo. El Municipio de Quito por su parte ha generado un fondo especial para conservar a las cuencas altas de los cauces que cubren sus necesidades de agua. En este caso, no hay un recargo en la planilla sino que de lo que se cobra luego se destina un porcentaje a la conservación de los páramos, bajo la administración de un fondo semi-independiente (FONAG). Por su parte, el Municipio de Pimampiro ha desarrollado un mecanismo que hace que los usuarios y usuarias del agua en las partes bajas paguen a la gente que conserva los páramos en las partes altas. Este pago por servicios ambientales es uno de los temas más candentes en la actualidad. En principio, de lo que se trata es que como en Pimampiro, quienes usan el agua abajo reconozcan a los que están arriba cuidando las fuentes, en algunos casos incluso dejando de usar para su propio provecho esas tierras.

Aunque estos mecanismos de buscar una forma de valorar al principal servicio ambiental y compensar a gente que cuida las fuentes de agua (páramos) suenan como una solución casi ideal para mucha gente, en la práctica hay muchas dudas y complicaciones. Hasta ahora han habido varios estudios de análisis de los mencionados casos (Hofstede & Albán 2002, Landell-Mills & Porras 2002, Albán & Argüello 2004). Cada modelo analizado tiene sus ventajas y desventajas, y probablemente hay más preguntas que respuestas. Algunas preguntas básicas relacionadas con el funcionamiento y la ética de estos sistemas son: ¿Cuánto ganamos o perdemos (en términos monetarios, ecológicos y sociales) al conservar un área natural? ¿Cuánto están dispuestos a apoyar (¿pagar?) la sociedad y el Estado para mantener estos servicios y cómo se puede aumentar esta disponibilidad? ¿Quién debe cobrar? ¿A quién? ¿Qué papel deben jugar los gobiernos, las comunidades, las agencias de desarrollo y la academia en este proceso? ¿Cómo se debe cambiar la percepción de la gente en la ciudad para que acepte ser parte del apoyo para asegurar estos servicios tan importantes? ¿Cómo asegurar que la ayuda realmente llegue a los que más lo necesitan y merecen, y no causar más inequidad social y cultural? ¿Cómo evitar que se generen posiciones opuestas a propuestas positivas frente a percepciones posiblemente erradas? (Hofstede & Mena 2000).

Particularmente en el Ecuador, pero también en Bolivia y en menor intensidad en Colombia y Venezuela, hay hoy día un clima de rechazo desde ciertas organizaciones sociales a temas relacionados con los llamados ajustes de la economía y la globalización, como son los tratados de libre comercio y otros procesos neoliberales. En este contexto, la discusión alrededor de la gestión de servicios ambientales ha sido politizada a tal grado que hablar de pago por servicios ambientales o expresiones parecidas es prácticamente sinónimo de promover la privatización del agua y de los recursos naturales a favor de transnacionales y en detrimento de la gente marginada. Aunque, en esencia, de lo que se trata es de generar mayor equidad entre los de arriba y los de abajo con respecto a este fundamental servicio, se deben pasar estos procesos por un severo filtro de ética y por un análisis profundo de las consecuencias reales en términos de equidad y soberanía, en el que haya una amplia participación. Entre otras cosas, no se puede pedir a la gente que vive en el páramo, muchas veces en condiciones precarias, que no haga lo

que hace y ha hecho desde hace mucho tiempo porque está afectando a los de abajo, pero sin darles alternativas. Estas alternativas deben incluir el pago (sea en efectivo o de otra manera) por el "valor de no uso de los páramos", que afecta negativamente a quienes lo usufructúan directamente y que beneficia trascendentalmente a quienes lo usufructúan de manera indirecta aguas abajo. Una parte fundamental del problema está en la falta de conocimiento y sensibilización de parte de este segundo grupo con respecto a esta realidad, frente a lo cual ya hay esfuerzos aislados pero prometedores (Manosalvas 2005). En cualquier caso, el pago por servicios ambientales no puede significar de ninguna manera un aprovechamiento de este recurso fundamentalmente público por parte de grupos minoritarios, ya sean nacionales o globales.

Conclusiones

Los páramos, un ecosistema tradicionalmente visto como demasiado frágil y por esto poco productivo, resulta ser lo contrario, en términos de cantidad de productos y servicios ambientales. A pesar de la gran altitud, la variedad de posibilidades productivas es notable. Esta productividad apenas está siendo explorada y entendida.

Las limitaciones y amenazas sobre esta productividad potencialmente interesante vienen de muchos frentes. La propia gente del páramo, en muchos casos marginalizada, muy pobre y carente de alternativas, atenta contra su propia supervivencia subiendo la frontera agropecuaria mucho más arriba de lo que la aptitud del suelo aconseja. Estas actividades afectan, de manera indirecta pero trascendental, a la gente que aprovecha aguas abajo el agua acopiada en los páramos. El turismo, que bien manejado puede ser una alternativa excelente, ha sido tratado con ligereza y podría convertirse en una falsa panacea. El carbono almacenado en los suelos del páramo contribuye a mitigar el efecto invernadero, pero no existe todavía un mecanismo que permita que éste entre como un bien de mercado y sea una alternativa económica para la gente del páramo. Los productos típicos del páramo generalmente tienen mercados muy restringidos y podrían verse severamente afectados por las tendencias globalizadoras y la erosión cultural de las poblaciones altoandinas. La gestión para el aprovechamiento del servicio hídrico podría representar potencialidades interesantes y a largo plazo, pero es un tema muy polémico actualmente y, por sus lazos con grandes temas de ética y política, actualmente no hay mayor avance en la discusión del tópico.

El equilibrio entre mantener la productividad interna del páramo para generar bienestar en una población grande y pobre que vive de sus productos y servicios y una productividad externa, representada por los servicios ambientales que sirven mayoritariamente a gente que no es del páramo (y que muchas veces desconoce por completo su importancia) es posiblemente el mayor reto para la conservación de este ecosistema. Esto es cierto tanto en el Ecuador como en todos los otros países que lo poseen. No se puede echar de su terruño a la gente del páramo o impedirle que trabaje como lo ha hecho, a veces desde hace siglos para mantener el servicio hídrico o turístico a favor de la gente de afuera. Tampoco se puede pedir que esta gente esté dispuesta a colaborar con la conservación de este ecosistema fundamental (a través de un sinnúmero de mecanismos) si carece de conocimientos y sensibilización adecuados.

La productividad del páramo se convierte en un concepto particularmente complejo que trasciende al análisis de productos o servicios aislados y entra en un ámbito de notable multidisciplinariedad donde hay que pisar firme sobre el suelo, pero sin perder la creatividad ni el optimismo. Dentro de este marco, este trabajo ha pretendido colaborar con datos generales que ayuden a que esta discusión tan necesaria y trascendente se desarrolle de manera participativa e informada.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mónica Moraes y Henrik Balslev por la invitación a participar en esta publicación y a Rossana Manosalvas por la revisión del texto. El trabajo presentado es un resultado de una década de trabajo en los páramos del Ecuador en colaboración con colegas de diferentes partes del mundo, financiado, principalmente, por DGIS-Embajada Real de los Países Bajos, GEF/PNUMA, Comité Holandés para la UICN, EcoCiencia y la Universidad de Amsterdam.

Referencias

Albán, M. & M. Argüello. 2004. Un análisis de los impactos sociales y económicos de los proyectos de fijación de carbono en el Ecuador. El caso de PROFAFOR–FACE. IIED, Londres. 74 p.

Albán, S. & A. Burbano. 2001. Nuestra vida en los páramos (testimonios). Pp. 123-137 En: Mena, P., G. Medina y R.G.M. Hofstede (eds.). Los páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito. 51 p.

Añazco, M., L. Loján & R. Yaguache. 2004. Productos forestales no maderables en el Ecuador (PFNM). Una aproximación a su diversidad y usos. DFC/FAO/MAE/Gobierno de los Países Bajos, Quito.

Ati, A. 1999. Herencia para nuestros hijos. Estudio socioeconómico hacia un plan de manejo de los recursos naturales de los páramos de Atapo Quichalán. Proyecto Páramo, Quito.

Balslev, H. & J. Luteyn. 1992. Páramo. An Andean ecosystem under human influence. Academic Press, Londres. 304 p.

Carrión, J. M. 2000. Breves consideraciones sobre la avifauna paramera del Ecuador. Serie Páramo (Biodiversidad) 7: 23-30.

CESA. 1993. Usos tradicionales de las especies forestales nativas en el Ecuador. Tomo III. CESA. Quito. 204 p.

Cobo, F. 2001. La ganadería vacuna y caballar en los páramos. Serie Páramo (Agricultura y Ganadería) 8: 35-59.

Coppus, R., L. Endara, M. Nonhebel, V. Mera, S. León Yánez, P. Mena Vásconez, J. Wolf & R.G.M. Hofstede. 2001. El estado de salud de algunos páramos del Ecuador: Una metodología de campo. Pp. 219-240 En: Mena, P., G. Medina y R.G.M. Hofstede (eds.). Los páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Crissman, C. 2001. La agricultura en los páramos: estrategias para el uso del espacio. Serie Páramo (Agricultura y Ganadería) 8: 5-31.

Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Físicas 10(40): 221-264.

Farley, K.A, E.F. Kelly & R.G.M. Hofstede. 2004. Soil organic carbon and water retention after conversion of grasslands to pine plantations in the Ecuadorian Andes. Ecosystems 7 (7): 729-739.

Fjeldså, J. & M. Kessler. 1996. Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodlands in the highlands of Peru and Bolivia. A contribution to sustainable natural resource management in the Andes. NORDECO, Copenhague.

Flores, R. 2005. La situación actual de las negociaciones del TLC entre los Estados Unidos y el Ecuador. Serie Páramo (TLC) 19: 1-22.

Hedberg, O. 1992. Afroalpine vegetation compared to páramo: Convergent adaptations and divergent differentiation. Pp. 15-29 En: Balslev, H. & J. Luteyn (eds.) Páramo: An Andean Ecosystem Under Human Influence. Academic Press, Londres.

Hedberg, I. & O. Hedberg. 1979. Tropical-alpine life-forms of vascular plants. Oikos. 33: 297-307.

Hedberg, O. & I. Hedberg. 2003. África. Pp. 237-244 En: Hofstede, R.G.M., P. Segarra & P. Mena Vásconez (eds.). Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito.

Hofstede, R.G.M. 1995. Effects of burning and grazing on a Colombian páramo ecosystem. Tesis de doctorado. Universidad de Ámsterdam, Ámsterdam. 198 p.

Hofstede, R.G.M. 2001. El impacto de las actividades humanas en el páramo. Pp. 161-185 En: Mena, P., G. Medina & R.G.M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Hofstede, R.G.M. & N. Aguirre. 1999. Biomasa y dinámica del carbono en relación a las actividades forestales en la Sierra del Ecuador. Serie Páramo (Carbono) 1: 29-52.

Hofstede, R.G.M. & M. Albán. 2002. Payment for hydrological services in the Ecuadorian Andes: water taxes and water funds at Municipal level. ETFRN News 35: 45-47.

Hofstede, R.G.M. & P. Mena. 2000. Los beneficios escondidos del páramo: Servicios ecológicos e impacto humano. En: Recharte, J. J. Torres & G. Medina (eds.). II Conferencia electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes: Los Páramos Como Fuente de Agua, Mitos, Realidades, Retos y Acciones. CONDESAN, Lima. (URL: http://www.condesan.org/e-foros/bishkek/Bishkek%20B1-Caso(R.Hofstede-P.Mena).htm)

Hofstede, R.G.M., R. Coppus, P. Mena V., P. Segarra, J. Wolf & J. Sevink. 2002a. The conservation status of tussock grass paramo in Ecuador. Ecotropicos 15 (1): 3-18.

Hofstede, R.G.M. J.P. Groenendijk, R. Coppus, J. Fehse & J. Sevink. 2002b. Impact of pine plantations on soils and vegetation in the Ecuadorian high Andes. Mountain Research and Development 22(2): 159-167.

Hofstede, R.G.M., P. Segarra & P. Mena Vásconez (eds.). 2003. Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito. 299 p.

Hope, G. & R. Hnatiuk. 2003. Asia y Oceanía. Pp. 245-253 En: Hofstede, R.G.M., P. Segarra & P. Mena Vásconez (eds.). Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito.

Jørgensen, P.M. & S. León Yánez. 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden, St. Louis.

Kappelle, M. 2003. Costa Rica. Pp. 87-90 En: Hofstede, R.G.M., P. Segarra & P. Mena Vásconez (eds.). Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito.

Lægaard, S. 1992. Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. Pp. 151-170 En: Balslev, H. & J. Luteyn (eds.) Páramo: An Andean Ecosystem under Human Influence. Academic Press, Londres.

Landell-Mills, N. & I. Porras. 2002. Silver bullet or fool's gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. International Institute for Environment and Development, Londres. 226 p.

León Yánez, S. 1993. Estudio ecológico y fitogeográfico de la vegetación del páramo de Guamaní, Pichincha-Napo, Ecuador. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 135 p.

León Yánez, S. 2000. La flora de los páramos ecuatorianos. Serie Páramo (Biodiversidad) 7: 5-21.

Luteyn, J. 1999. Páramos: A checklist of plant diversity, geographic distribution, and botanical literature. Memoirs of the New York Botanical Garden 84: 1-278.

Manosalvas, R. 2005. Agua. Carpeta informativa sobre las fuentes de agua para Quito. EcoCiencia, Quito. 78 p.

Medina, G. & P. Mena. 2001. Los páramos del Ecuador. Pp. 1-23 En: Mena, P., G. Medina & R.G.M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Mena, P. 1984. Formas de vida de las plantas vasculares del páramo de El Ángel y comparación con trabajos similares realizados en el cinturón afroalpino. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 112 p.

Mena, P. & H. Balslev. 1986. Comparación entre la vegetación de los páramos y el cinturón afroalpino. Reports from the Botanical Institute, University of Aarhus 12: 1-54.

Mena, P. & G. Medina. 2001. La biodiversidad de los páramos del Ecuador. Pp. 23-48 En: Mena, P., G. Medina & R.G.M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Mera, V. 2001. Páramo y prácticas sociales: Caracterización social de los páramos ecuatorianos. Pp. 89-119 En: Mena, P., G. Medina & R.G.M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Mille, L. 1992. Prólogo a la obra de botánica médica nacional del Dr. Marco T. Varea Q. En: M.T. Varea. Botánica Médica Nacional, Latacunga. 161 p.

Morocho, Á. 2001. Sistematización y análisis de las comunidades de Cochabamba y Río Blanco, parroquia Molleturo. No publicado. Cuenca. 38 p.

Nieto, C. & J. Estrella. 2000. La agrobiodiversidad en los ecosistemas de páramo: Una primera aproximación a su inventario y su situación actual. Serie Páramo (Biodiversidad) 7: 31-53.

NRC. 1989. Lost crops of the Incas. National Academy Press, Washington DC.

Pérez, J. 2001. Haciendas y ecoturismo en los páramos. Serie Páramo (Ecoturismo) 9: 59-69.

Perrone, A. 2001. La sostenibilidad del ecoturismo en el Ecuador. Serie Páramo (Ecoturismo) 9: 23-37.

Podwojewski, P. & J. Poulenard. 2000a. La degradación de los suelos de los páramos. Serie Páramo (Suelos) 5: 27-36.

Podwojewski, P. & J. Poulenard. 2000b. Los suelos de los páramos del Ecuador. Serie Páramo (Suelos) 5: 5-25.

Podwojewski, P., J. Poulenard, T. Zambrana & R.G.M. Hofstede. 2002. Overgrazing effects on vegetation cover and volcanic ash soil properties in the páramo of Llangahua and La Esperanza (Tungurahua, Ecuador). Soil Use and Management 18: 45-55.

Proyecto Páramo. 1999. Mapa de los páramos del Ecuador. No publicado. Quito.

Ramón, G. 2002. Visiones, usos e intervenciones en los páramos del Ecuador. Serie Páramo (Cultura) 12: 43-49.

Ramsay, P.M. & E.R.B. Oxley. 2001. An assessment of aboveground net primary productivity in Andean grasslands of Central Ecuador. Mountain Research and Development 21(2): 161-167.

Rangel, O. 2000. La región de vida paramuna. Colombia Diversidad Biológica III. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia Naturales, Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá. 902 p.

Recharte, J. & J. Gearheard. 2001. Los páramos altamente diversos del Ecuador: Ecología política de una ecorregión. Pp. 55-85 En: Mena, P., G. Medina y R.G.M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Robles I., S. Rouillard & M. Guaicha. 2001. La dinámica de los usos históricos y actuales en el páramo: El ejemplo de Culebrillas, Cañar. Pp. 141-157 En: Mena, P., G. Medina & R.G.M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Ruiz, P. 2005. Los tratados de libre comercio o la recolonización de América Latina. Serie Páramo (TLC) 19: 47-58.

Sánchez, P. 2003. Perú. Pp. 159-203 En: Hofstede, R.G.M., P. Segarra & P. Mena Vásconez (eds.). Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative / NC-IUCN / EcoCiencia, Quito.

Sarmiento, F.O. & L.M. Frolich. 2002. Andean cloud forest tree lines naturalness, agriculture and the human dimension. Mountain Research and Development 22 (3): 278–287.

Smith J. & S.J. Scherr. 2002. Forest carbon and local livelihoods: Assessment of opportunities and policy recommendations. CIFOR Occasional Paper No. 37. CIFOR, Bogor. 45 p.

Suárez, L. 2002. Los páramos como paisajes culturales en el Ecuador. Pp.127-135 En: Mujica, E. (ed.). Paisajes Culturales en los Andes. UNESCO, Lima.

Ulloa, C. & P.M. Jørgensen. 1995. Árboles y arbustos de los altos Andes del Ecuador. AAU Reports 30: 1-264.

van der Hammen, T. & Cleef, A.M. 1986. Development of the high Andean páramo flora and vegetation. Pp. 153-201 En: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (eds.). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press, Oxford

Vega, E. & D. Martínez. 2000. Productos económicamente sustentables y servicios ambientales del páramo. Serie Páramo (Número monográfico) 4: 1-49.

White, S. 2001. Perspectivas para la producción de alpacas en el páramo ecuatoriano. Serie Páramo 8: 33-58.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 110-120.

Bosques de *Polylepis*

Michael Kessler

Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Abteilung Systematische Botanik, Untere Karspüle 2, D-37073 Göttingen, Alemania
email: mkessle2@uni-goettingen.de

Abstract

Polylepis forests represent the natural vegetation in a large part of the Central Andes at elevations between 3,500 m and 4,400(-5,000) m. The approximately 28 species of the genus *Polylepis* inhabit a wide variety of habitats, from the upper limit of the humid cloud forests to the arid volcanoes of the Altiplano. However, thousands of years of human activities in the Andes have lead to the destruction of over 95% of these forests, restricting them to special habitats and modifying the floristic and faunistic composition. The extreme environmental conditions (low temperatures, dry seasons) in the range of the *Polylepis* forests have favoured the evolution of plant species with useful characters such as tubers and chemical substances. Accordingly, more than one half of the plant species in these forests are used by the local inhabitants, although many of are endangered due to the destruction of their habitat. The conservation and restauration of *Polylepis* forests within the scope of a general change in the land use practices of the high Andes are essential to maintain the ecosystem functionality in this densely inhabited region.
Key words: Rosaceae, *Polylepis*, Treeline, Medicinal plants, Tubers.

Resumen

Los bosques de *Polylepis* representan la vegetación natural de una gran parte de los Andes centrales a altitudes entre 3.500 m y 4.400(-5.000) m. Las aproximadamente 28 especies del género ocupan una gran variedad de hábitats, desde el límite superior de los bosques de neblina hasta los volcanes áridos del Altiplano. Sin embargo, durante milenios las actividades humanas en los Andes han destruido a más del 95% de estos bosques, restringiéndolos a hábitats especiales y modificando su composición florística y faunística. Las extremas condiciones ambientales (temperaturas bajas, periodos secos) en el ámbito de los bosques de *Polylepis* han favorecido en la evolución de especies de plantas con propiedades útiles para el hombre, como p.e. tubérculos o sustancias químicas. Consecuentemente, más de la mitad de las especies de plantas en estos bosques es utilizada por los habitantes locales, aunque muchas de éstas están en peligro de extinción debido a la destrucción de su hábitat. La conservación y restauración de bosques de *Polylepis* - como parte de un cambio general de los métodos de uso de tierra de los Andes - son imprescindibles para matener la viabilidad ecosistémica de esta región tan densamente poblada.
Palabras clave: Rosaceae, *Polylepis*, Línea de árboles, Plantas medicinales, Tubérculos.

Introducción

Actualmente, a altitudes por encima de los (3.000-)3.500 m, la vegetación de los Andes centrales está dominada por zonas agrícolas, pastizales y zonas arbustivas. Los árboles son escasos y están mayormente representados por especies introducidas de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*. Los bosques naturales son aún más raros y están comúnmente restringidos a localidades especiales, como laderas rocosas o quebradas. Estos relictos de bosque son dominados por especies del género *Polylepis*, aunque en muchos lugares otras especies leñosas como *Buddleja*, *Clethra*, *Gynoxys*, *Podocarpus* o *Prumnopitys* también están presentes. Estos bosques representan uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, pero al mismo tiempo cumplen un rol central en la ecología altoandina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales y como importante fuente de recursos para los habitantes locales.

Taxonomía y evolución del género *Polylepis*

El género *Polylepis* pertenece a la tribu Sanguisorbeae de la familia Rosaceae, que se caracteriza por una polinización anemófila y por sus frutos secos. *Polylepis* incluye entre 15 y 28 especies (Bitter 1911, Simpson 1979, Kessler 1995b, Kessler & Schmidt-Lebuhn 2005), en su mayoría árboles de 5-10 m altura, pero también con algunas especies comúnmente arbustivas (*P. microphylla*, *P. pepei*, *P. tarapacana*, *P. tomentella* subsp. *nana*) y otras que llegan a superar los 25 m (*P. lanata*, *P. pauta*). Los análisis filogenéticos sugieren que *Polylepis* se desarrolló mediante poliploidización desde el género arbustivo y herbáceo *Acaena* (Kerr 2003) y que las especies filogenéticamente basales de *Polylepis* fueron árboles con hojas delgadas, 7-11 foliolos por hoja, corteza delgada e inflorescencias con abundantes flores (hasta más de 70) (Simpson 1986, Kerr 2003, Schmidt-Lebuhn *et al.* 2006, en prensa). La subsiguiente evolución del género fue en dirección a especies con hojas más gruesas, reducción del número de foliolos, desarrollo de una corteza más gruesa e inflorescencias reducidas con pocas flores. Todas estas son adaptaciones a los hábitats fríos y áridos de los altos Andes. Aunque no hay dataciones exáctas, la orogenia andina relativamente reciente y la baja diferenciación genética de las especies sugieren que la evolución del género ha ocurrido en los pocos últimos millones de años (Simpson 1986, Kessler 1995a, Kerr 2003, Schmidt-Lebuhn *et al.* 2006, en prensa). Es muy probable, que la evolución del género haya sido dominada por las marcadas fluctuaciones climáticas durante el período pleistocénico, forzando a las especies a migrar repetidamente a localidad con condiciones ecológicas favorables, así como fragmentando las distribuciones de especies (Fjeldså 1995, Kessler 1995a).

Ecología de las especies de *Polylepis*

La variabilidad morfológica antes descrita es indicativa de la gran amplitud ecológica de las diferentes especies de *Polylepis* y de los bosques formados por ellas (Weberbauer 1945, Simpson 1986, Kessler 1995a). En regiones húmedas a lo largo de la vertiente andina oriental y en la vertiente occidental de Ecuador, la línea superior de bosques es naturalmente dominada con varias especies de *Polylepis*, arriba de los bosques de neblina conformados por *Weinmannia*, *Oreopanax*, *Clethra* y *Clusia*, entre otros. La transición entre ambos tipos de bosque se encuentra alrededor de 3.500 m, con una zona intermedia de 100-200 m de diferencia. Las especies de *Polylepis* en estos hábitats son los árboles *P. pauta* (Ecuador-Bolivia), *P. sericea* (Venezuela-Bolivia), *P. lanuginosa* (Ecuador), *P. multijuga* (Perú), *P. triacontandra* (Bolivia) y *P. lanata* (Bolivia), mientras que la especie parcialmente arbustiva *P. pepei* forma la línea superior de bosques a 3.800-4.200 m en el sur de Perú y Bolivia (Figura 1). En hábitats también húmedos, pero usualmente algo menos expuestos a las lluvias de las vertientes andinas, se encuentran bosques de *P. reticulata* (Ecuador), *P. weberbaueri* (Ecuador-Perú), *P. racemosa* (Perú) y *P. incana* (Ecuador-Perú). Esta última especie también se extiende hacia hábitats algo más secos en los valles interandinos, donde además crecen *P. subsericans* (Perú) y las especies bolivianas *P. besseri*, *P. subtusalbida* y *P. pacensis* (Figura 2).

En el Ecuador, que no tiene amplias zonas áridas en los altos Andes (Luteyn 1999), la única especie de *Polylepis* adaptada a estos hábitats es *P. microphylla* en las laderas del Volcán Chimborazo (Romoleroux 1996). En el Perú, por el contrario, se encuentran *P. flavipila* y *P. rugulosa* en la vertiente andina occidental y en Bolivia los valles secos están habitados por *P. tomentella*. En el sur de Bolivia y norte de Argentina, los bosques boliviano-tucumanos subtropicales son habitados por *P. crista-galli* en zonas relativamente áridas y *P. neglecta*, *P.*

Fig. 1: Rodal relictual de *Polylepis pepei* sobre una ladera rocosa a 4.000 m en el Valle de Zongo, Bolivia. Las laderas adyacentes están cubiertas por pastizales creados y mantenidos por quema y pastoreo. Foto M. Kessler.

australis y *P. hieronymi* en zonas más húmedas, donde coexisten con *Alnus acuminata* y *Podocarpus parlatorei*. *Polylepis hieronymi* es única en el género al ser una especie arbórea pionera, que coloniza áreas abiertas y luego es superada por árboles de mayor porte como *Podocarpus* o *Juglans australis*, mientras que *P. australis* es la única especie del género que es decidua en la época invernal. La especie más estrictamente adaptada a condiciones climáticas desfavorables es *P. tarapacana*, que habita la cordillera volcánica occidental altiplánica a altitudes de (3.900-)4.400-5.000(-5.200) m desde el sur del Perú hasta el sur de Bolivia en regiones con tan solo 100-500 mm de precipitación media anual (Figura 3). En el Volcán Sajama (6.420 m), esta especie forma la vegetación leñosa más alta del mundo con algunos ejemplares enanos que llegan hasta los 5.200 m (Jordan 1980, 1983).

La separación ecológica de las especies de *Polylepis* no es perfecta, y en muchas localidades 2 ó 3 especies de *Polylepis* crecen una al lado de otra, aunque frecuentemente con ligeras diferencias ecológicas, p.e. en relación a la disponibilidad de agua en el suelo o a la exposición a la radiación solar. En estos rodales mixtos, la hibridización entre las especies es muy común (Romoleroux 1996, Schmidt-Lebuhn *et al.* 2006, en prensa).

Vegetación de los bosques de *Polylepis*

Aunque por definición las diferentes especies de *Polylepis* son los árboles dominantes en los bosques de *Polylepis*, hay un gran número de especies arbóreas y arbustivas asociadas con ellas (Kessler 1995a). Este número disminuye desde las zonas más bajas y húmedas hacia aquellas más altas y secas. Tal es el caso que *P. tarapacana* en efecto nunca coexiste con otra especie de árbol y solamente con algunos arbustos como *Baccharis* y *Mutisia*. En contraste, en los bosques de neblina los árboles de *Polylepis* se encuentran entremezclados con individuos de *Weinmannia*, *Clethra*, *Escallonia*, *Vallea stipularis*, *Citharexylum*, *Clusia* y *Oreopanax* con un sotobosque con numerosas especies de *Miconia*, *Brachyotum*, *Hesperomeles*, *Solanum*, *Saracha*, *Monnina*, *Berberis*, *Escallonia*, *Verbesina*, *Gynoxys*, *Barnadesia* y varias otras Asteraceae.

Fig. 2: Un bosque relativamente extenso y bien conservado de *Polylepis subtusalbida* en San Miguel, Bolivia. Las partes planas son mayormente utilizadas como áreas de cultivo, mientras que las laderas tienen un mosaico de bosques y pastizales antropogénicos. Foto M. Kessler.

Fig. 3: Arbolitos de *Polylepis tarapacana* en una ladera rocosa a 4.500 m en el extremo sudoeste de Bolivia. En esta zona árida y fría, los ejemplares de *P. tarapacana* no superan los 2 m. La gran cantidad de ramas y troncos demuestra que esta localidad no está sujeta a quemas ni a extracción de leña. Foto M. Kessler.

Incluso especies trepadoras, como *Iochroma*, *Salpichroa* o *Mutisia* pueden ser comunes. En los bosques boliviano-tucumanos del centro y sur de Bolivia, las especies de *Polylepis* se encuentran en zonas relativamente húmedas con *Podocarpus parlatorei*, *Alnus acuminata*, *Juglans australis*, *Azara salicifolia*, *Ilex* sp., *Fagara coco*, *Prunus tucumanensis* y *Escallonia millegrana*, mientras que en las zonas más áridas crecen junto a *Lithraea ternifolia*, *Sebastiania brasiliensis*, *Myroxylon peruiferum*, *Schinus* spp., *Myrica pubescens* y *Dunalia brachyacantha*. En los valles aún más secos, bosques de *P. tomentella* se entremezclan con aquellos de *Prosopis*, *Acacia*, *Schinus* y *Echinopsis*.

Además de las especies leñosas mencionadas arriba, los bosques de *Polylepis* albergan un amplio rango de plantas herbáceas (Beck & García 1991, Seibert & Menhofer 1991, 1992, Hensen 1995). Ese es el caso sobre todo en las zonas semihúmedas a áridas, donde la estructura relativamente abierta de los bosques permite el dearrollo de una densa cubierta herbácea. Ésta está principalmente constituida por pastos de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis*, *Stipa*, *Muhlenbergia* y *Agrostis*. Entre éstos, crecen numerosas compuestas de los géneros *Achyrocline*, *Baccharis*, *Belloa*, *Bidens*, *Conyza*, *Eupatorium*, *Gamochaeta*, *Senecio*, *Stevia*, *Verbesina* y *Werneria*. Otras hierbas o pequeños arbustos se encuentran en los géneros *Asplenium*, *Bartsia*, *Berberis*, *Calceolaria*, *Gentianella*, *Lepidium*, *Oxalis*, *Plantago*, *Polystichum* y *Sisyrinchium*, entre muchos otros. Estas plantas son menos frecuentes en bosques húmedos, densos y oscuros, donde los pastos están casi totalmente ausentes y los helechos (*Polystichum*, *Asplenium*, entre otros) se vuelven relativamente comunes. Hacia condiciones más áridas, por otro lado, la vegetación herbácea se vuelve más abierta por la falta de agua.

Las plantas epífitas son raras en bosques de *Polylepis*, ya que las condicones frías y áridas de estos bosques son en general detrimentales para el desarrollo de estas plantas. Además, la corteza de *Polylepis* se desprende fácilmente, lo que dificulta el establecimiento de epífitas. Solamente algunos bosques muy húmedos, sobre todo aquellos formados por *P. sericea*, *P. pauta* y *P. lanata*, tienen una buena cobertura epífita, constituida por musgos, bromeliáceas y algunos helechos (Figura 4).

Ecología de los bosques de *Polylepis*

Las condiciones ecológicas de los bosques de *Polylepis* se pueden caracterizar principalmente en relación a condiciones de temperatura, humedad y suelos. Debido a su localización a grandes elevaciones en los Andes, los bosques de *Polylepis* están sujetos a amplias fluctuaciones diurnas de temperatura, comúnmente con diferencias de 20-30 °C entre las temperaturas máximas del día y las heladas nocturnas. Estas fluctuaciones representan un estrés enorme para las plantas. Sobre todo a altitudes por encima de los 4.000 m, la gran mayoría de las especies muestra adaptaciones a temperaturas bajas. Estas pueden ser morfológicas como las gruesas cortezas de *Polylepis* y el crecimiento en cojines en *Azorella* o fisiológicas como la resistencia al congelamiento que también se observa en *Polylepis* (Goldstein *et al.* 1994, Körner 1999; Hoch & Körner 2005).

Las condiciones semiáridas a áridas de gran parte de los bosques de *Polylepis* también conllevan a adaptaciones especiales de las plantas. En la época seca, que coincide con la época relativamente más fría, muchas plantas se encuentran en estados inactivos, sobreviviendo como semillas (plantas anuales), bulbos o rizomas subterráneos (geófitos, incluyendo especies de *Solanum*, *Oxalis*, *Ullucus* y *Tropaeolum*) o al menos no mostrando crecimiento (muchos arbustos). Las plantas suculentas son raras en bosques de *Polylepis*, ya que las amplias reservas de agua de éstas son muy suceptibles al congelamiento. En el caso de *Polylepis*, el crecimiento vegetativo tiene lugar sobre todo en la época húmeda y relativamente caliente, mientras que la floración ocurre principalmente en la época seca y fría.

Fig. 4: Árboles de *P. lanata* cubiertos de bromeliáceas y helechos epífitos en un valle húmedo a 3.600 m en la Cordillera Cocapata, Bolivia. Foto M. Kessler.

Esto probablemente es una adaptación a una eficiente polinización por viento en la época seca y tiene efectos en las semillas que llegan a estar maduras al comienzo de la época de lluvias para aprovechar al máximo las condiciones favorables. Muchas especies de arbustos y hierbas también florecen en la época seca, aunque el máximo de floración es claramente en la época húmeda. Las adaptaciones de las plantas a condiciones climáticas extremas desde luego son más importantes en bosques localizados a altas elevaciones y en zonas secas, mientras que están menos afectados los bosques a elevaciones menores y con mayor humedad.

Además de las condiciones climáticas, en muchas zonas altoandinas existen condiciones de suelo desfavorables debido a que las bajas temperaturas y aridez limitan a la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes. Sobre todo nitrógeno y fósforo parecen ser los factores limitantes para el desarrollo de las plantas (Beck & Ellenberg 1977, Geyger 1985). En combinación con las condiciones climáticas, esta falta de nutrientes favorece al desarrollo de hojas coriáceas, espinas y / o compuestos químicos que protegen contra la herbivoría, como fenoles o aceites aromáticos.

Como resultado de estas adaptaciones, las flora de los bosques de *Polylepis* incluye una gran variedad de especies con características que las hace útiles para el hombre, como p.e. plantas tuberosas (papas, oca, ullucu, mashua) o con propiedades medicinales como especies de *Minthostachys*, *Satureja* y *Baccharis* (Cárdenas 1989, Beck 1998). En una comunidad rural en el departamento de Cochabamba (Bolivia) el 56% de las 204 especies de plantas que crece en los bosques de *Polylepis* es utilizado como plantas medicinales, en muchos casos combinando varias especies para optimizar su función (Hensen 1991). Más de un tercio de estas especies medicinales están restringidas al hábitat de bosques de *Polylepis*. Otras especies son utilizadas como alimento o para ritos religiosos. Además, muchas de

las especies de plantas en los bosques de *Polylepis*, incluyendo las ramas de los mismos árboles, son consideradas como plantas forrajeras de alto valor, mientras que muchas especies de los pastizales aledaños son consumidas por el ganado, pero son de baja calidad nutricional.

Distribución y conservación

La distribución actual de los bosques de *Polylepis* es muy local. Existen algunas zonas con bosques relativamente extensivos, p.e. en la Cordillera Blanca en el Perú, pero en su gran mayoría los bosques son pequeños rodales restringidos a laderas rocosas y quebradas o matorrales abiertos en laderas montañosas (Figura 1). Hasta hace pocas décadas, este patrón de distribución fue considerado como natural, interpretando laderas rocosas y quebradas como microhábitats favorables para el desarrollo de *Polylepis* (Weberbauer 1911, Troll 1929, Koepcke 1961, Simpson 1979, 1986). Sin embargo, estudios recientes demuestran que esta distribución es mayormente el resultado de miles de años de actividades humanas en los altos Andes (Kessler 2002). Sobre todo la frecuente quema de los pastizales, hoy en día efectuada para mejorar los pastizales y originalmente quizás utilizada como parte de las prácticas de cacería, reduce la cobertura boscosa (Kessler & Driesch 1993). Aunque los árboles maduros de *Polylepis* comúnmente sobreviven a las quemas de los pastos que crecen debajo de los árboles, este no es el caso de las plántulas y árboles juveniles de *Polylepis*, los cuales mueren. Como resultado de quemas frecuentes, la regeneración de los bosques está por lo tanto restringida y en el trascuro del tiempo los bosques desaparecen (Kessler & Driesch 1993) (Figura 4). La quema también influye la composición del resto de la vegetación, favoreciendo a especies cuya morfología protege a los centros vegetativos (yemas) mediante densas capas de hojas o partes vegetativas subterráneas (Lægaard 1992). La influencia del fuego es intensificada por el pastoreo, que en muchas partes de los Andes es efectuado con densidades de ganado muy superiores a la capacidad sostenible del ecosistema. Finalmente, al menos localmente, la extracción directa de leña sea para el consumo local o para la producción de carbón vegetal, así como la destrucción directa de bosques para establecer áreas de cultivo, jugaron un papel en la destrucción de los bosques de *Polylepis* (Figura 5). Como resultado de este proceso, que probablemente comenzó hacer miles de años pero que sin duda se intensificó desde la Conquista, se calcula que un 98% de los bosques de *Polylepis* han desaparecido en el Perú (Fjeldså & Kessler 1996). En Bolivia, los Andes orientales han perdido más del 99% de los bosques de *Polylepis*, mientras que en la Cordillera Occidental aún permace alrededor del 50% de los bosques de *Polylepis*, como resultado de la extrema aridez que crea una vegetación herbácea tan abierta que la quema es imposible y el pastoreo es muy extensiv0.

Como consecuencia de la destrucción de la gran mayoría de los bosques de *Polylepis*, es difícil establecer con certeza su distribución natural potencial y los factores ecológicos que los determinan. No cabe duda que el límite superior es determinado por temperaturas bajas, pero el mecanismo ecofisiológico involucrado aún no es conocido (Kessler 1995a, Körner 1999, Hoch & Körner 2005). Aún menos se sabe acerca de las áreas naturalmente no boscosas dentro del rango altitudinal de estos bosques. Experimentos de transplante sugieren que los árboles son muy susceptibles a condiciones de suelo salobres o al agua estancada (Kessler 1995a). Como consecuencia, es de esperarse que grandes planicies altoandinas, que frecuentemente tienes suelos salobres o que están inundados al menos en la época de lluvias, siempre estuvieron libres de bosques de *Polylepis*. Esto sobre todo se refiere al Altiplano desde el centro del Perú hasta Bolivia.

En contraste, los efectos detrimentales de la destrucción de los bosques de *Polylepis* son

Fig. 5: Un bosque extremadamente degradado de *Polylepis subtusalbida* cerca de Cochabamba, Bolivia. Debido a la quema y el pastoreo intensivo, no hay regeneración de árboles y una fuerte erosión de suelo. Foto R. Bode.

muy claros. El efecto más obvio para la población humana es la escasez de leña, un problema epidémico en gran parte de los altos Andes y de plantas alimenticias y medicinales naturales. Debido al crecimiento tortuoso de los árboles, su madera no es ampliamente utilizada para la construcción, aunque regionalmente se construyen cercos o techos de pequeñas construcciones en base a la madera de *Polylepis*, aunque también occasionalmente se ven varias iglesias y construcciones municipales viejas de pueblos altiplánicos de Bolivia que utilizaron troncos gruesos de *Polylepis*. Menos visible, pero a largo plazo aún más importante, es la degradación de los ecosistemas, incluyendo mayor erosión y menor captación de agua durante la época de lluvias. Este último efecto es particularmente importante para las áreas agrícolas en los valles a altitudes menores que dependen del agua proveniente de las montañas altas (Fjeldså & Kessler 1996, 2004). Los bosques de *Polylepis* además representan hábitats naturales de una gran variedad de mamíferos, aves e insectos, incluyendo a algunas de las especies de aves más raras del mundo (Fjeldså 1995, Fjeldså *et al.* 1999). Muchas de estas especies tienen distribuciones geogáficas muy restringidas, posiblemente como resultado de fluctuaciones climáticas en el Pleistoceneo y de estabilidad ecoclimática local elevada en los centros de endemismo (Fjeldså *et al.* 1999).

En las últimas décadas, se observa un incremento de la concientización de la población, tanto de los habitantes rurales como de actores políticos a nivel nacional, reconociendo la necesidad de proteger e incluso restaurar los ecosistemas de bosques de *Polylepis* (Fjeldså & Kessler 1996, 2004). Esto tiene lugar tanto en áreas protegidas como en el marco de programas de reforestación (Figura 6). Sin embargo, los pasos tomados hasta el presente son mínimos comparados con los problemas y se requerirá de esfuerzos notables para frenar

Fig. 6: Preparación de lugares de cultivo para papas en un bosque de *Polylepis subtusalbida* cerca de Cochabamba, Bolivia. Foto R. Bode.

la continua degradación de los hábitats de los altos Andes. En su última consecuencia, esto requiere cambios drásticos de las prácticas de uso de la tierra, sobre todo restringiendo el uso de uemas y una separación clara entre áreas de cultivo y de pastoreo, ya que ambas tienen que ser manejadas de manera muy diferente para su óptimo desarrollo. Tales cambios tienen que ser apoyados por los actores nacionales e internacionales a todos los niveles de decisión y representan uno de los grandes retos para las próximas décadas.

Referencias

Beck, S. G. 1998. Floristic inventory of Bolivia - An indispensable contribution to sustainable development. pp 243-268. En: W. Barthlott & M. Winiger (eds). Biodiversity. A Challenge for Development Research and Policy. Springer-Verlag, Berlin.

Beck, S. G. & H. Ellenberg. 1977. Entwicklungsmöglichkeiten im Andenhochland in ökologischer Sicht. Göttingen.

Beck, S. G. & E. García. 1991. Flora y vegetación en los diferentes pisos altitudinales. p. 65-108. En: E. Forno & M. Baudoin (eds). Historia Natural de un Valle de Los Andes: La Paz. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Bitter, G. 1911. Revision der Gattung *Polylepis*. Bot. Jahrb. Syst. 45: 564-656.

Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. 2nd ed. Los Amigos del Libro, La Paz.

Fjeldså, J. 1995. Geographical patterns of neoendemic and relict species of Andean forest birds: the significance of ecological stability areas. pp. 89-102. En: S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forereo & J. L. Luteyn (eds). Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. New York Botanical Gardens, Bronx.

Fjeldså, J. & M. Kessler. 1996. Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodlands of the highlands of Peru and Bolivia: A contribution to sustainable natural resource management in the Andes. NORDECO, Copenhagen. 250 p.

Fjeldså, J. & M. Kessler. 2004. Conservación de la biodiversidad de los bosques de *Polylepis* de las tierras altas de Bolivia. Una contribución al manejo sustenable en los Andes. DIVA Technical Report 11. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra. 214 p.

Fjeldså, J., E. Lambin & B. Mertens. 1999. Correlation between endemism and local ecoclimatic stability documented by comparing Andean bird distributions and remotely sensed land surface data. Ecography 22: 63-78.

Geyger, E. 1985. Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Vegetation im nordwestargentinischen Andenhochland. Dissertationes Botanicae 88: 1-134.

Goldstein, G., Meinzer, F. & F. Rada. 1994. Environmental biology of a tropical treeline species, *Polylepis sericea*. pp. 129-149. En: P. W. Rundel, A. P. Smith & F. C. Meinzer (eds). Tropical alpine environments: Plants form and function. Cambridge University Press, Cambridge.

Hensen, I. 1991. La flora de la comunidad de Chorojo, su uso, taxonomía científica y vernacular. AGRUCO, Cochabamba. 26 p.

Hensen, I. 1995. Die Vegetation von *Polylepis*-Wäldern der Ostkordillere Boliviens. Phytocoenologia 25: 235-277.

Hoch, G. & C. Körner. 2005. Growth, demography and carbon relations of *Polylepis* trees at the world's highest treeline. Functional Ecology 19: 941-951.

Jordan, E. 1980. Das durch Wärmemangel und Trockenheit begrenzte Auftreten von *Polylepis* am Sajama Boliviens mit dem höchsten *Polylepis*-Gebüschvorkommen der Erde. Deutscher Geographentag. 42: 303-305.

Jordan, E. 1983. Die Verbreitung von *Polylepis*-Beständen in der Westkordillere Boliviens. Tuexenia 3: 101-116.

Kerr, M. 2003. A phylogenetic and biogeographic analysis of the Sanguisorbeae (Rosaceae) with emphasis on the pleistocene radiation of the high Andean genus *Polylepis*. PhD thesis, Univ. Maryland, Maryland. 189 p.

Kessler, M. 1995a. *Polylepis*-Wälder Boliviens: Taxa, Ökologie, Verbreitung und Geschichte. Dissertationes Botanicae 246, J. Cramer, Berlin. 303 p.

Kessler, M. 1995b. The genus *Polylepis* (Rosaceae) in Bolivia. Candollea 42: 31-71.

Kessler, M. 2002. The „*Polylepis* problem": Where do we stand?"Ecotropica 8: 97-110.

Kessler, M. & P. Driesch. 1993. Causas e historia de la destrucción de bosques altoandinos en Bolivia. Ecología en Bolivia 21:1-18.

Kessler, M. & A. N. Schmidt-Lebuhn. 2005. Taxonomic and distributional notes on *Polylepis* (Rosaceae). Organisms, Diversity and Evolution 6: 67-70.

Koepcke, H.-W. 1961. Synökologische Studien and der Westseite der peruanischen Anden. Bonner Geographische Abhandlungen 29, Bonn.

Körner, Ch. 1999. Alpine Plant Life: functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer. Berlin, Heidelberg, Nueva York.

Lægaard, S. 1992. Influence of fire in the grass paramo vegetation of Ecuador. pp. 151-170. En: H. Balslev & J. L. Luteyn (eds). Páramo. An Andean ecosystem under human influence. Academic Press, Londres.

Luteyn, J. L. 1999. Páramos - a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. The New Botanical Garden, Nueva York. 278 p.

Romoleroux K. 1996. Rosaceae. En: G. Harling & L. Andersson (eds). Flora of Ecuador 56: 1-152.

Schmidt-Lebuhn, A. N., Kessler, M. & M. Kumar. 2006. Promiscuity in the Andes: a phylogenetic analysis of the genus *Polylepis* (Rosaceae) based on morphology and AFLP data. Systematic Botany 31: 547-559.

Schmidt-Lebuhn, A.N., M. Kessler & P. Seltmann. En prensa. Consequences of wind pollination in an Andean Rosaceae: genetic structure and patterns of species distribution in *Polylepis* Ruiz & Pav. Plant Systematics and Evolution.

Seibert, P. & X. Menhofer. 1991. Die Vegetation des Wohngebietes der Kallawaya und des Hochlandes von Ulla-Ulla in den bolivianischen Anden. I. Phytocoenologia 20: 145-276.

Seibert, P. & X. Menhofer. 1992. Die Vegetation des Wohngebietes der Kallawaya und des Hochlandes von Ulla-Ulla in den bolivianischen Anden. II. Phytocoenologia 20: 289-438.

Simpson, B. B. 1979. A revision of the genus *Polylepis* (Rosaceae: Sanguisorbeae). Smithsonian Contr. Bot. 43: 1-62.

Simpson, B. B. 1986. Speciation and specialization of *Polylepis* in the Andes. pp. 304-316 En: F. Vuillemier & M. Monasterio (eds). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press, Nueva York.

Troll, C. 1929. Die Cordillera Real. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 7/8: 279-312.

Weberbauer, A. 1911. Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden. Die Vegetation der Erde 12, Leipzig.

Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Ministerio de Agricultura, Lima. 776 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 121-129.

Bosques húmedos

Kenneth R. Young

Department of Geography and the Environment, University of Texas at Austin, Austin, TX 78712, U.S.A
email: kryoung@mail.utexas.edu

Abstract

The humid forests of the central Andes are important biologically and economically. Factors that control their presence include humidity, soil type and depth, and the degree and history of human influences. Above 2,500 m, the forests are typically low but dense, while those found from 1,000 to 2,500 m are more massive and diverse. Other differences originate with the influence of fog, which adds additional moisture while making the soils poorer. Edge effect alters environmental conditions, implying that when total forest size is small, the edge effect predominates and limits the biological diversity that remains. However, even these small forests are of considerable value to local populations who use them for natural resources and also depend on them for environmental services. These values ought to motivate yet more efforts to investigate, restore, and appreciate the Andean forests.
Keywords: Andean forests, Biodiversity, Endemism, Humid forests.

Resumen

Los bosques húmedos de los Andes centrales son importantes biológica y económicamente. Factores que controlan la presencia de estos bosques incluyen a la humedad, la profundidad y el tipo de suelo, así como el grado e historia de la influencia humana.Los bosques húmedos sobre los 2.500 m de altitud son generalmente bajos pero densos. Entre los 1.000 y 2.500 m son más masivos y diversos. Otras diferencias provienen de la influencia de las neblinas que adicionan humedad y empobrecen los suelos. La influencia de bordes altera a las condiciones ambientales en sus límites con vegetación no boscosa. Cuando los bosques son pequeños, esta influencia de borde aumenta y puede limitar la biodiversidad que queda. No obstante, los bosques ubicados cerca de las poblaciones humanas sirven como fuentes de importantes recursos y servicios ambientales, lo que debe motivar más esfuerzos para investigarlos, restaurarlos y apreciarlos.
Palabras claves: Bosques andinos, Biodiversidad, Endemismo, Bosques húmedos.

Introducción

Gran parte de los Andes centrales está potencialmente cubierto por vegetación boscosa. Los árboles andinos y los bosques que se forman de ellos son importantes en la ecología de los Andes para el desarrollo evolutivo a través del tiempo de su flora y fauna y en las vidas diarias de sus habitantes (Churchill *et al.* 1995, Luteyn & Churchill 2000). Generalmente, se encuentra a los bosques húmedos de montaña por debajo de los 3.500 m y en áreas que reciben por lo menos 800 mm de precipitación anual.

No obstante, hay otros factores a considerar además que la humedad y altura que determinan la presencia y la naturaleza de los bosques en los Andes de Ecuador, Perú y Bolivia. La topografía afecta a los procesos edáficos, mientras que la influencia humana puede alterar o incluso eliminar a los bosques. Las perturbaciones naturales y los cambios climáticos se adicionan a los factores ambientales cambiantes que en su manera provocan el dinamismo en la estructura y composición de los bosques. Además, hay diferencias regionales que provienen del legado de los procesos evolutivos y los eventos históricos.

El propósito de este capítulo es proveer un resumen sobre los patrones más saltantes que caracterizan la ecología actual de los bosques húmedos. También, se consideran a los procesos que pueden explicar los patrones actuales, tanto ecológicos que evolutivos y los que son antropogénicos en su origen.

Factores que controlan la presencia de los bosques húmedos

Frecuentemente son dominantes las plantas leñosas en situaciones donde la humedad del suelo que proviene de las lluvias es mayor a la cantidad de agua que requieren las plantas para satisfacer sus necesidades fisiológicas en la transpiración y la fotosíntesis. En casos en que las sumas de transpiración y evaporación son similares a la precipitación, pueden desarrollarse árboles, pero igualmente puede haber otros tipos de vegetación como son los matorrales o pastizales. Muchas áreas de los Andes centrales son ecológicamente transicionales entre tipos de vegetación, que podrían tener dominancia de árboles y los que más bien están dominados por arbustos o incluso plantas herbáceas. Varios años seguidos de sequía, de saqueo de madera por la gente, de pastoreo de ovinos o caprinos u otras combinaciones de estreses ambientales y perturbaciones pueden alterar una cobertura natural de bosque hacia tipos de bosques más ralos, a matorrales o a pajonales.

Muchas veces las pendientes de las laderas de los Andes son fuertes y la topografía abrupta, así como los procesos geomorfológicos de erosión y transporte de sedimentos no permiten el desarrollo de suelos profundos. Algunas especies de árboles tienen raíces capaces de penetrar entre las rocas y así usar suelos superficiales. Como generalización, sustratos más pedregosos tienen plantas leñosas y los más finos tienden a tener plantas herbáceas con sistemas de raíces fibrosas. Otros sitios de los Andes son edáficamente húmedos, con suelos con mucha agua, poco oxígeno y otras condiciones que requieren adaptaciones que pocas veces las desarrollan los árboles de altura.

La quema de los restos de cultivos es una costumbre común en los campos agrícolas de los Andes. Frecuentemente se la usa además para ampliar a las áreas alteradas por las comunidades humanas. Los arbustos o gramíneas quemados pueden producir rebrotes más apetecibles para los animales domésticos. Después de décadas o siglos, las laderas con uso para agricultura y pastoreo terminan con poco o nada de cobertura boscosa.

Se ven evidencias de este dinamismo en la presencia de parches de bosques aislados y en las líneas abruptas entre bosque y vegetación no boscosa. La quema puede llegar y alterar hasta al mismo bosque, donde a veces las condiciones húmedas internas llegan a apagar al fuego. En estos casos, hay plantas herbáceas fuera del bosque, una barrera verde de 3-15 metros de alto, formada por árboles y arbustos que crecen en el borde del bosque y después una franja de unos 20-100 metros de vegetación boscosa de borde, antes de encontrar los árboles altos del bosque.

Se podría trazar o mapear estas líneas y bordes de bosques para deducir las ubicaciones de condiciones ambientales que promueven el crecimiento de bosques. A altitudes sobre los 3.500 m, los bosques son menos frecuentes, muchas veces limitados a sitios protegidos de incendios y vientos o con dominancia de especies alto-andinas de Buddleja, *Gynoxys* o *Polylepis* (ver capítulo por M. Kessler, en este volumen). A alturas menores a los 1.000 m, se tienen bosques premontanos andinos que van transformándose al ser similares en estructura y composición a los bosques húmedos de las llanuras de la Amazonía y a los de la planicie del Pacífico (Gentry 1995). En valles interandinos, las condiciones más secas pueden prevenir a la presencia de bosques húmedos, aunque a veces existen extensiones de los bosques secos, que sobreviven con árboles de raíces profundas y hojas deciduas (para mayor información, ver capítulos sobre los bosques secos andinos en este volumen).

Formaciones boscosas

El estado de conocimiento científico sobre los bosques andinos es aún inadecuado para poder nombrar las docenas de tipos distintos de bosques que deben existir (p.e. Rangel *et al.* 1997). Lo que si se puede hacer es remarcar las gradientes ambientales más conspicuas que si sirven para separar o alterar condiciones que a su vez cambian la estructura y composición de los bosques. En este contexto, es obvio que la altitud es el factor ambiental que más modifica a los boques andinos.

Los bosques húmedos por encima de los 2.500 m de altitud son generalmente bajos, pero densos y con 5 hasta 20 metros de alto. Los árboles dominantes en el estrato superior provienen de géneros (familias) como *Axinaea* (Melastomataceae), *Escallonia* (Escalloniaceae), *Gaiadendron* (Loranthaceae), *Gynoxys* (Asteraceae), *Hedyosmum* (Chloranthaceae), *Ilex* (Aquifoliaceae), *Miconia* (Melastomataceae), *Myrsine* (Myrsinaceae), *Myrcianthes* (Myrtaceae), *Oreopanax* (Araliaceae), *Persea* (Lauraceae), *Ruagea* (Meliaceae), *Styrax* (Styracaceae), *Symplocos* (Symplocaceae), *Vallea* (Elaeocarpaceae) y *Weinmannia* (Cunoniaceae). Frecuentemente el sotobosque es tupido con plántulas de los árboles, helechos (*Cyathea, Pteris, Thelypteris*) y arbustos de géneros como *Palicourea* y *Psychotria* (Rubiaceae) y *Piper* (Piperaceae) o con bambúes de *Chusquea* (Poaceae). Los límites altitudinales de estos bosques de altura pueden incluir además dominancia de *Clethra* (Clethraceae), *Defontainea* (Desfontainiaceae), *Hesperomeles* (Rosaceae), *Morella* (Myricaceae) y arbustos de Asteraceae (*Diplostephium, Senecio*) y Ericaceae (*Gaultheria, Vaccinium*).

Los bosques entre 1.000 y 2.500 m de altitud son más macizos en cuanto a estructura, con copas que alcanzan 25 ó más metros de alto y con tallos grandes de especies de las familias Lauraceae (*Ocotea, Nectandra*), Meliaceae (*Cedrela*) y Podocarpaceae (*Podocarpus, Prumnopitys*) que pueden alcanzar un metro de diámetro. La diversidad de árboles es más amplia con especies de los géneros listados para las altitudes mayores, además que especies de *Brunellia* (Brunelliacae), *Ceroxylon* (Arecaceae), *Cinchona* (Rubiaceae), *Clusia* (Clusiaceae), *Delostoma* (Bignoniaceae), *Ficus* (Moraceae), *Frezieria* (Ternstroemiaceae), *Gordonia* (Theaceae), *Graffenrieda* (Melastomataceae), *Guarea* (Meliaceae), *Guettarda* (Rubiaceae), *Lozanella* (Ulmaceae), *Maytenus* (Celastraceae), *Meliosma* (Sabiaceae), *Saurauia* (Actinidiaceae), *Siparuna* (Siparunaceae), *Solanum* (Solanaceae), *Styloceras* (Buxaceae), *Toxicodendron* (Anacardiaceae) y *Turpinia* (Staphyleaceae). El sotobosque es denso con plántulas de árboles y con arbustos y hierbas de Campanulaceae (*Centropogon*), Ericaceae (*Cavendishia, Psammisia, Thibaudia*), Gesneriaceae (*Besleria*), Piperaceae (*Peperomia, Piper*), Rubiaceae (*Palicourea, Psychotria*) y Urticaceae (*Myriocarpa, Pilea*). Las plantas epífitas son comunes (Gentry & Dodson 1987, Kessler 2002), con cientos de especies de la Orchidaceae (*Epidendrum*, *Lepanthes*, *Oncidium*, *Pleurothallis*), más especies de la Araceae (*Anthurium*) y la Bromeliaceae (*Tillandsia*). Son frecuentes las áreas perturbadas o abiertas en zonas con deslizamientos (Stern 1995, Wilcke *et al.* 2003) con caídas de árboles o con erosión fluvial. Hay especies de plantas pioneras como por ejemplo de *Baccharis* (Asteraceae), *Coriaria* (Coriariaceae) y *Salvia* (Lamiaceae).

Además de mucha lluvia, mayormente con precipitaciones mayores a 2.000 mm anuales; hay muchos sitios en el área de estudio con bosques de neblina, dado que los vientos se enfrían con el levantamiento de las masas de aire, lo que hace condensar la humedad (Sarmiento 1986, Kappelle & Brown 2001). La adición de humedad de las nubes a estos bosques puede aumentar en 30% o más la humedad total recibida, creando suelos ácidos y con alto contenido de aluminio. Los bosques de neblina son particularmente abundantes de los 2.200 a 3.000 m de altitud en las estribaciones grandes de los Andes y expuestas a vientos de

la Amazonía o en las cimas de cerros más pequeños, donde se enfría el aire y así se forman nubes bajas persistentes (Kessler & Beck 2001, Sarmiento 2001, Young & León 2001). Hay reportes de bosques andinos con más de 5.000 mm de precipitación total por año que deben tener árboles adaptados a suelos ácidos y pobres, con abundancia de musgos y plantas epífitas en las copas.

Los bosques húmedos del norte de Ecuador se encuentran en ambas vertientes de los Andes, en contacto en el oeste con influencias fitogeográficas de los bosques del Chocó y a través de la historia con taxones de Panamá y otras partes de Centro América (Gentry 1982). En el este, están en contacto con los bosques montanos húmedos que forman un largo corredor ecológico desde los Andes de Venezuela hasta el centro de Bolivia. Desde el norte de Ecuador y con mayor importancia en el Perú hay valles profundos interandinos que cortan las conexiones e interponen hábitats más secos y más alterados por el ser humano para agricultura y pastoreo (ver capítulo por Weigend & Rodríguez en este volumen). Los bosques húmedos del sur de Bolivia están expuestos a climas subtropicales, con alteraciones de vientos con los cambios de estaciones y una influencia importante de masas de aire frío en los meses de invierno desde Argentina; ellos forman una masa continua con los bosques andinos del noroeste de Argentina, los bosques tucumano-bolivianos (Brown *et al.* 2001).

Topografía y conectividad

Los bordes en los límites de los bosques son densos con troncos y tallos delgados. Hay especies de plantas en los bordes que no prosperan en el interior del bosque; de igual manera, hay especialistas de interior que no toleran las condiciones variables de luz y humedad en los bordes. Parches de bosques pueden estar completamente en condición de "borde", así plantas del interior no existen en parches pequeños rodeados por vegetación no arbórea. La influencia de altitud también altera la estructura y la composición de especies a ser encontradas (Young & Keating 2001).

Para estudiar la dinámica de bosques en relación a sus patrones espaciales, además que simplemente presencia o ausencia, se puede documentar en parcelas o a lo largo de transectos con datos de inventario en los bordes (Young 1993) o dentro de los bosques, incluyendo el número de plántulas de una especie comparado con el número y tamaño de los árboles juveniles y adultos (Young 1998a, Svenning 2001). La presencia de muchas plántulas, pero poco o nada de árboles grandes indica deficiencias o limitaciones en la reproducción de la especie, tal vez debido a condiciones alteradas en el pasado. La presencia de sólo individuos adultos también sugiere que la especie no puede reproducirse localmente, dato importante para predecir el futuro probable del rodal. Especies arbóreas que requieren perturbaciones grandes para poder reproducirse frecuentemente tienen pocas plántulas en el sotobosque hasta que se abra el estrato superior con deslizamientos o caídas múltiples de árboles.

Otro vínculo es el ecológico y conecta a muchas especies de plantas con especies de animales con quienes establecen relaciones mutualísticas. Hay insectos como las abejas y mariposas que polinizan a las flores. Hay especies de murciélagos y colibríes que buscan flores de plantas que son perfectamente adaptadas para permitir la extracción de néctar, mientras que el animal en cambio transporta polen a las flores de otra planta (Stein 1992, Muchhala & Jarrín-V. 2002). La mayor parte de las plantas de los bosques montanos produce semillas envueltas en frutos que atraen la atención de aves y murciélagos. Un resultado es que las plantas dependen de la presencia y actividad de ciertas especies de animales. Si se pierde una especie animal mutualista, la reproducción de la planta podría disminuir o peligrar (Lindberg & Olesen 2001). Condiciones

de borde en parches pequeños de bosque restringen a la diversidad de animales, incluyendo los que realizan la polinización y la dispersión de semillas.

Los suelos de los bosques húmedos pueden ser pobres, dada su acidez y el lavado de los cationes (Grubb 1977). La mayoría de las especies de plantas tiene mutualismos con hongos, específicamente con micorrizas en sus raíces, que dramáticamente aumenta los nutrientes posibles a extraer de los suelos. El agua del suelo no utilizada por las plantas en su transpiración y fotosíntesis se desplaza en la pendiente hacia abajo, eventualmente formando parte de la napa freática o brotando en las quebradas y ríos. Hay aún pocos estudios detallados de los nutrientes de los suelos, las características de las cadenas tróficas en ellos o las cantidades de los nutrientes en las aguas que nacen en los bosques húmedos andinos.

La conectividad física o ecológica que caracteriza actualmente los bosques andinos no necesariamente ha existido siempre, dada la magnitud de cambios climáticos en los últimos dos millones de años en los Andes (Markgraf 2001, Hansen *et al.* 2003, Paduano *et al.* 2003, Hooghiemstra & van der Hammen 2004, Chepstow-Lusty *et al.* 2005, Smith *et al.* 2005), sin mencionar la historia geológica mucho más antigua (Taylor 1995, también ver Argollo en este volumen). Otros bosques están completamente aislados por barreras topográficas o por estar ubicados en lugares con mucha deforestación o con poco bosque original (Ellenberg 1958, 1979; Young 1994, 1998b). Durante miles o millones de años puede ser que el aislamiento sea un factor que aumenta la diversidad de las plantas andinas, ya que ha dado origen a muchas especies endémicas de poca distribución. En cambio, un aislamiento rápido en términos ecológicos puede causar la pérdida de especies y dejar un bosque aislado sin los animales que polinizan las flores o llevan las semillas. Las monografías sistemáticas y los estudios evolutivos son herramientas científicas para evaluar la historia de la flora. Por ejemplo, es claro que tanto las barreras formadas por valles interandinos y los gradientes altitudinales han sido claves para la diversificación de *Calceolaria* (Scrophulariaceae, Molau 1988), *Fuchsia* (Onagraceae; Berry 1982, 1995), *Hedyosmum* (Chloranthaceae; Todzia 1988) y las Loasaceae (Weigend 2002). También forman una fuente de información crítica para evaluar las prioridades para la conservación (Young *et al.* 2002). Recientemente, los Andes tropicales han sido designados de prioridad mundial debido a su biodiversidad (Leo 1995, Duellman 1999, Myers *et al.* 2000, Brooks *et al.* 2002). Como ejemplo, Knapp (2002) usó la presencia de especies de *Solanum* previamente evaluadas taxonómicamente para mapear áreas de prioridad e incluir el máximo de especies distintas en áreas protegidas para la conservación. Esta tarea hay que realizarla con muchas especies: Rodríguez & Young (2000) mostraron que áreas de prioridad pueden ser muy diferentes para grupos distintos de organismos, por ejemplo en su caso no concuerda mucho el mapa de prioridades para plantas vasculares con las prioridades para proteger aves.

Bosques andinos como recurso

La diversidad de especies nativas en los bosques húmedos y sus estados alarmantes en cuanto a niveles poblacionales o diversidad genética, requiere de acciones de investigación y de protección por la sociedad. Además, el conjunto de especies provee servicios ambientales con sus valores ecológico y económico (ver Carsten *et al.* en este volumen). Por ejemplo, la captación de agua de neblina por los bosques andinos mantiene niveles de agua en los ríos muchos meses después de la estación lluviosa. Los bosques guardan mucho carbono en los troncos de los árboles y en la materia orgánica de los suelos, ayudando en esta forma con el ciclo mundial de dióxido de carbono.

Los bosques ubicados cerca a poblaciones humanas sirven como fuentes de leña, material

de construcción, bejucos para canastas, hierbas medicinales y carne de monte. Si este uso se autorregula, puede ser sostenible. Con poca presión poblacional, también los bosques húmedos se usan para rozar y hacer chacras, dejando luego que la naturaleza recupere la vegetación y reestablezca la fertilidad de los suelos. Falta mucho por aprender de los sistemas tradicionales que aún funcionan para usar los bosques y los recursos andinos (Troll 1931, Gade 1999, D'Altroy 2000, Denevan 2001, Mayer 2002). En otros casos, el uso ya no es sostenible y el recurso se agota.

La restauración ecológica de bosques dañados o deforestados es deseable. Como muchas especies dependen en la dispersión de semillas por vertebrados, su restauración debe ser integral, tanto para las plantas como para los animales (Sarmiento 1995, 1997). La producción en viveros forestales de árboles nativos no es fácil si las semillas son difíciles de conseguir y si las plántulas requieren condiciones especiales para establecerse. Pero con mano de obra y buena voluntad se pueden aplicar muchas prácticas de reforestación y conservación de suelos que no son costosas. Las ventajas serán apreciadas por las futuras generaciones con cuencas de agua productivas y diversidad biológica conservada.

Históricamente, los bosques húmedos han sido hábitat para varias especies de plantas que luego entraron en las listas de plantas domesticadas, documentadas en otros capítulos de este libro. Un ejemplo clarificado por Emshwiller (2002) al usar técnicas modernas moleculares ha sido la base para fundamentar que cuál fue la *Oxalis* que dio origen a la oca (*Oxalis tuberosa*). Otras especies nativas son parientes de las especies útiles (Debouck & Libreros-Ferla 1995, Rodríguez-Burruezo *et al.* 2003), lo que indica la posibilidad que algún día se podrán incorporar genes de especies silvestres a la especie domesticada para mejorarlas. Muchas otras especies, por ejemplo de la Ericaceae (Luteyn 2002), tienen posibilidades que aun faltan estudiar y evaluar a fondo. Por tanto, podemos considerar simultáneamente a los bosques andinos como recurso actual y potencial.

Referencias

Berry, P.E. 1982. The systematics and evolution of *Fuchsia* sect. *Fuchsia* (Onagraceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 69: 1-198.

Berry, P.E. 1995. Diversification of Onagraceae in montane areas of South America. pp. 415-420. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, New York.

Brooks, T. M., R.E. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca, A.B. Rylands, W.R. Konstant, P. Flick, J. Pilgrim, S. Oldfield, G. Magin & C. Hilton-Taylor. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. Conservation Biology 16: 909-923.

Brown, A.D., H.R. Grau, L.R. Malizia & A. Grau. 2001. Argentina. pp. 623-659. En: M. Kappelle & A. D. Brown (eds.). Bosques Nublados del Neotrópico. INBio, Heredia.

Chepstow-Lusty, A., M.B. Bush, M.R. Frogley, P.A. Baker, S.C. Fritz & J. Aronson. 2005. Vegetation and climate change on the Bolivian Altiplano between 108,000 and 18,000 years ago. Quaternary Research 63: 90-98.

Churchill, S.P., H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). 1995. Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, Nueva York. 702 p.

D'Altroy, T. N. 2000. Andean land use at the cusp of history. pp. 357-390. En: D.L. Lentz (ed.). Imperfect Balance: Landscape Transformations in the Precolumbian Americas. Columbia University Press, Nueva York.

Debouck, D.G. & D. Libreros-Ferla. 1995. Neotropical montane forests: A fragile home of genetic resources of wild relatives of New World crops. pp. 561-577. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, Nueva York. 396 p.

Denevan, W.M. 2001. Cultivated landscapes of native Amazonia and the Andes. Oxford University Press, Oxford.

Duellman, W.E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. pp. 255-328. En: W.E. Duellman (ed.). Patterns of Distribution of Amphibians. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Ellenberg, H. 1958. Wald oder Steppe? Die natürliche Pflanzendecke der Anden Perus I, II. Umschau Wiss. Technol. 21: 645-648; 22: 679-681.

Ellenberg, H. 1979. Man's influence on tropical mountain ecosystems in South America. Journal of Ecology 67: 401-416.

Emshwiller, E. 2002. Biogeography of the *Oxalis tuberosa* alliance. Botanical Review 68: 128-152.

Gade, D.W. 1999. Nature and culture in the Andes. University of Wisconsin Press, Madison. 287 p.

Gentry, A.H. 1982. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climate fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? Annals of the Missouri Botanical Garden 69: 557-593.

Gentry, A.H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. pp. 103-126. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, Nueva York.

Gentry, A.H. & C.H. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of Neotropical vascular epiphytes. Annals of the Missouri Botanical Garden 74: 205-233.

Grubb, P.J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains, with special reference to mineral nutrition. Annual Review of Ecology and Systematics 8: 83-107.

Hansen, B.C.S., D.T. Rodbell, G. Seltzer, B. León, K.R. Young & M. Abbott. 2003. Late-glacial and Holocene vegetational history from two sites in the western cordillera of southwestern Ecuador.Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 194: 79-108.

Hooghiemstra, H. & T. van der Hammen. 2004. Quaternary Ice-Age dynamics in the Colombian Andes: Developing an understanding of our legacy. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 359: 173-181.

Kappelle, M. & A.D. Brown (eds.). 2001. Bosques nublados del neotrópico. INBio, Santo Domingo de Heredia. 698 p.

Kessler, M. 2002. Environmental patterns and ecological correlates of range size among bromeliad communities of Andean forests in Bolivia. Botanical Review 68: 100-127.

Kessler, M. & S.G. Beck. 2001. Bolivia. pp. 581-622. En: M. Kappelle & A. D. Brown (eds.). Bosques Nublados del Neotrópico. INBio, Heredia.

Knapp, S. 2002. Assessing patterns of plant endemism in Neotropical uplands. Botanical Review 68: 22-37.

Leo, M. 1995. The importance of tropical montane cloud forest for preserving vertebrate endemism in Peru: the Rio Abiseo National Park as a case. pp. 198-205. En: L.S. Hamilton, J.O. Juvik & F.N. Scatena (eds.). Tropical Montane Cloud Forests: Proceedings of an International Symposium. Springer Verlag, Nueva York.

Lindberg, A.B. & J.M. Olesen. 2001. The fragility of extreme specialization: *Passiflora mixta* and its pollinating hummingbird *Ensifera ensifera*. Journal of Tropical Ecology 17: 323-329.

Luteyn, J. L. 2002. Diversity, adaptation, and endemism in Neotropical Ericaceae: biogeographical patterns in the Vaccinieae. Botanical Review 68: 55-99.

Luteyn, J.L. & S.P. Churchill. 2000. Vegetation of the tropical Andes: An overview. pp. 281-310. En: D.L. Lentz (ed.) Imperfect Balance: Landscape Transformations in the Precolumbian Americas. Columbia University Press, Nueva York.

Markgraf, V. (ed.). 2001. Interhemispheric climate linkages. Academic Press, San Diego. 454 p.

Mayer, E. 2002. The articulated peasant: household economies in the Andes. Westview Press, Boulder, Colorado.

Molau, U. 1988. Scrophulariaceae, I: Calceolarieae. Flora Neotropica Monograph 47: 1-326.

Muchhala, N. & P. Jarrín-V. 2002. Flower visitation by bats in cloud forests of western Ecuador. Biotropica 34: 387-395.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. da Fonseca, A.B. Gustavo & J. Kent. 2000. Biodiversity

hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Paduano, G.M., M. Bush, B.A. Baker, S.C. Fritz & G.O. Seltzer. 2003. A vegetation and fire history of Lake Titicaca since the Last Glacial Maximum. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 194: 259-279.

Rangel, J.O., P.D. Lowy, M. Aguilar & A. Garzón. 1997. Tipos de vegetación en Colombia. pp. 89-391. En: J.O. Rangel, P.D. Lowy & M. Aguilar (eds.). Colombia Diversidad Biótica II: Tipos de Vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente, Santa Fé de Bogotá.

Rodríguez, L.O. & K.R. Young. 2000. Biological diversity of Peru: Determining priority areas for conservation. Ambio 29: 329-337.

Rodríguez-Burruezo, A., J. Prohens & F.Nuez. 2003. Wild relatives can contribute to the improvement of fruit quality in pepino (*Solanum muricatum*). Euphytica 129: 31-318.

Sarmiento, F.O. 1995. Restoration of equatorial Andes: The challenge for conservation of trop-Andean landscapes in Ecuador. pp. 637-651. En: S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J. L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, Nueva York.

Sarmiento, F.O. 1997. Arrested succession in pastures hinders regeneration of tropandean forests and shreds mountain landscapes. Environmental Conservation 24: 14-23.

Sarmiento, F.O. 2001. Ecuador. pp. 497-548. En: M. Kappelle & A. D. Brown (eds.). Bosques Nublados del Neotrópico. INBio, Heredia.

Sarmiento, G. 1986. Ecological features of climate in high tropical mountains. pp. 11-45. En: F. Vuilleumier & M. Monasterio (eds.). High Altitude Tropical Biogeography. Oxford University Press, Nueva York.

Smith, J. A., G. O. Seltzer, D. L. Farber, D. T. Rodbell & R. C. Finkel. 2005. Early local last glacial maximum in the tropical Andes. Science 308: 678-681.

Stein, B.A.1992. Sicklebill hummingbirds, ants, and flowers. Bioscience 42: 27-33.

Stern, M. J. 1995. Vegetation recovery on earthquake-triggered landslide sites in the Ecuadorian Andes. pp. 207-220. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, Nueva York.

Svenning, J.-C. 2001. Environmental heterogeneity, recruitment limitation and the mesoscale distribution of palms in a tropical montane rain forest (Maquipucuna, Ecuador). Journal of Tropical Ecology 17: 97-113.

Taylor, D. W. 1995. Cretaceous to Tertiary geologic and angiosperm paleobiogeographic history of the Andes. pp. 3-9. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. New York Botanical Garden, Nueva York.

Todzia, C.A. 1988. Chloranthaceae: *Hedyosmum*. Flora Neotropica Monograph 48: 1-138.

Troll, C. 1931 [1932]. Die Landschaftsgürtel der Tropischen Anden. Verh. Wiss. Abh. 24: 263-270.

Weigend, M. 2002. Observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba zone in northern Peru. Botanical Review 68: 38-54.

Wilcke, W., H. Valladarez, R. Stoyan, S. Yasin, C. Valarezo & W. Zech, 2003. Soil properties on a chronosequence of landslides in montane rain forest, Ecuador. Catena 53: 79-95.

Young, K.R. 1993. Woody and scandent plants on the edges of an Andean timberline. Bulletin of the Torrey Botanical Club 120: 1-18.

Young, K.R. 1994. Roads and the environmental degradation of tropical montane forests. Conservation Biology 8: 972-976.

Young, K.R. 1998a. Composition and structure of a timberline forest in north-central Peru. pp. 595-613. En: F. Dallmeier & J.A. Comiskey (eds.). Forest Biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean: Research and Monitoring. Man and the Biosphere Series Volume 22. Carnforth, Lancashire,UNESCO, and the Parthenon Publishing Group.

Young, K.R. 1998b. Deforestation in landscapes with humid forests in the central Andes: Patterns

and processes. pp. 75-99. En: K.S. Zimmerer & K.R. Young (eds.). Nature's Geography: New Lessons for Conservation in Developing Countries. University of Wisconsin Press, Madison.

Young, K.R. & P.L. Keating. 2001. Remnant forests of Volcán Cotacachi, northern Ecuador. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 33: 165-172.

Young, K.R. & B. León, 2001. Perú. pp. 549-580. En: M. Kappelle & A. D. Brown (eds.). Bosques Nublados del Neotrópico. INBio, Heredia.

Young, K.R., C. Ulloa Ulloa, J.L. Luteyn & S. Knapp. 2002. Plant evolution and endemism in Andean South America: an Introduction. Botanical Review 68: 4-21.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 130-145.

Bosques relictos de los Andes peruanos: Perspectivas económicas

Maximilian Weigend[1], Nicolas Dostert[2] & Eric F. Rodríguez-Rodríguez[3]

[1]Institut für Biologie - Systematische Botanik und Pflanzengeographie,
Freie Universität Berlin, 14195, Berlin, Alemania, email: weigend@zedat.fu-berlin.de
[2]botconsult GmbH, Bergmannstr. 19, D-10961 Berlin, Alemania
email: dostert@botconsult.de
[3]Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, Perú,
email: efrr@unitru.edu.pe

Abstract

Approximately 23 relict forests are currently known in NW Peru, ranging from strongly fragmented remnants to large and continuous forests. Little is known about their economical value and phytogenetic resources. The present article explores aspects of their economic importance and resources. The single most important aspect seems to be that of a water catchment area for several rivers reaching the coastal plain, providing both drinking water for cities and water for the irrigation of the largest complex of irrigated lands in Peru. Due to their accessibility (close to the coast) and their exceptional scenic beauty and biotic diversity they have potential for ecotourism, with the forests of Contumazá, Ayavaca and La Florida probably showing the best starting positions for such a development, provided infrastructural improvements are made. Their timber production is of limited importance, since the larger forests on the eastern slopes can much better provide timber for the national market. Timber use should therefore be managed sustainably, but with an eye to the needs of the local population only. The flora of the region represents considerable phytogenetic resources, including potential ornamentals in many genera. The region also has a high number of fruit plants many of them endemic, and numerous species of *Larnax* y *Jaltomata* with potential for domestication and introduction the national and international markets. Numerous endemic species deserve exploration by pharmaceutical and cosmetical companies, and for food supplements and for essential oils.
Key words: Relict forests, Western slope, Peruvian Andes, economical potential.

Resumen

Se conocen aproximadamente 23 bosques relictos presentes en las vertientes noroccidentales del Perú, extendiéndose en forma de remanentes fuertemente fragmentados a lo largo de los bosques grandes y continuos. Actualmente, muy poco se sabe sobre el valor económico de estos bosques y de sus recursos fitogenéticos. En el presente artículo se pretende explorar varios aspectos de su importancia económica. El aspecto más importante es el papel que cumple en la captación hídrica donde nacen las cuencas de los ríos que alcanzan el plano costero, proporcionando el agua potable a las ciudades del norte y agua para la irrigación de tierras agrícolas, constituyendo el complejo más grande de tierras irrigadas en Perú. Debido a su relativa accesibilidad (cerca de la costa), belleza escénica y elevada biodiversidad, existe un potencial para el desarrollo de centros del ecotourismo, especialmente con los bosques de Contumazá, Ayavaca y La Florida que demuestran probablemente las mejores posiciones de salida para tal desarrollo, siempre que se lleven a cabo mejoras infraestructurales. La producción de madera de estos bosques es de importancia limitada, puesto que bosques mucho más grandes en las vertientes orientales pueden proporcionar mas y mejor madera para el mercado nacional; entonces el uso de la madera se debe manejar sustentablemente, pero con perspectiva hacia las necesidades de la población local solamente. La rica flora de la región representa recursos fitogenéticos considerables, incluyendo plantas ornamentales potenciales en muchos géneros. La región también tiene un alto número de plantas utilizadas como frutas, frecuentemente endémicas, y numerosas especies de *Larnax* y *Jaltomata* que se podrían domesticar e introducir en el mercado nacional e internacional. Hay también alcance para la exploración y uso de numerosas especies endémicas en preparaciones farmacéuticas y cosméticas, así como en suplementos alimenticios; y para la extracción de aceites esenciales de ciertas especies.
Palabras clave: Bosques relictos, Vertientes occidentales, Andes Peruanos, Potencial económico.

Introducción

Los bosques relictos de la vertiente occidental de los Andes en el norte de Perú y del sur de Ecuador son hábitats con alta fitodiversidad y un índice de endemismo muy elevado (Weigend *et al.* 2005a). Se encuentran en una zona fitogeográfica denominada zona Amotape-Huancabamba (Berry 1982) y delimitada por las cuencas del Río Jubones (Ecuador) en el Norte y Río Chicama en el Sur (Perú). La zona Amotape-Huancabamba representa una zona de transición entre los Andes del Norte y los Andes del Centro (Weigend 2002). Los bosques relictos se encuentran en la vertiente occidental de los Andes en los lugares donde reciben mucha humedad de las corrientes del aire provenientes del océano Pacífico. Actualmente se conservan casi exclusivamente en las partes más pendientes y normalmente en elevaciones alrededor de los 3.000 m. Las partes bajas, más accesibles y menos pendientes se encuentran casi completamente destruidas por la actividad antrópica, aparte de algunos restos en La Florida como Monteseco y Montechico (Cajamarca, Prov. Santa Cruz) y otros remanentes en Ayabaca (Cuyas) y Huancabamba en Piura.

El estado actual de nuestro conocimiento de estos bosques relictos ha sido resumido recientemente (Weigend *et al.* 2005a, b). Según esta compilación, sabemos de un total de 23 fragmentos mayores de estos bosques con tamaños entre 50 ha y más de 13.000 ha, este último representado por el bosque de Kañaris (Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque). Además, tenemos unos siete fragmentos de los cuales no conocemos ni la extensión actual ni el estado de conservación (p.e. Cutervo y Santa Rosa en Cajamarca, Chalaco y Huamba en Piura). El estado de conservación es difícil de controlar, ya que varía día a día, pues la dinámica de tala indiscriminada es rápida e irreversible. En la actualidad se puede considerar entre bien conservado (unos nueve bosques, incluyendo el mayor fragmento en Kañaris y el bosque de la Oscurana-Cajamarca) muy deteriorados (Canchaque, Dpto. Piura, Prov. Huancabamba; Las Palmas, Monteseco, Dpto. Cajamarca, Prov. San Miguel y Santa Cruz) y reducido a fragmentos y poblaciones de árboles y arbustos aislados en quebradas, al borde de campos de cultivo, cercos o lugares inhóspitos donde el hombre no puede ampliar la frontera agrícola ni ganadera. Un claro ejemplo de esta última afirmación, lo encontramos en la zona andina de las Provincias de Otuzco y Gran Chimú (Dpto. La Libertad), donde observamos evidencias de erosión masiva generadas fundamentalmente en el siglo pasado, muy notorio por la avanzada destrucción de la cobertura vegetal básicamente por sobre pastoreo y prácticas agriculturales mal adaptadas al ambiente natural. Consecuencia de ello, es que los bosques de Otuzco y Gran Chimú (p.e. bosques de Usquil y Lucma) se encuentren casi completamente destruidos y sus restos se encuentran en forma de cercos y quebradas forestadas en una zona muy amplia en la sierra. Estos fragmentos todavía contienen algunas especies testigos de los bosques desaparecidos de Otuzco (Weigend *et al.* 2005b). Especies testigos o indicadoras de bosques desaparecidos están representadas por los géneros *Urtica* (Urticaceae) y *Ribes* (Grossulariaceae), que pueden persistir indefinidamente en cercos y quebradas, mientras que las especies de la flora del bosque primario ya desaparecieron. Esta observación también es válida para una extensa área de San Miguel de Pallaques (Dpto. Cajamarca) donde existieron bosques homogéneos de *Podocarpus oleifolius* (Podocarpaceae). De éstos, actualmente se evidencian algunos árboles muy aislados y un fragmento pequeño de bosque denominado Tongod-Quellahorco, el resto está cubierto por vegetación secundaria y especies de *Ribes* y *Urtica*. En la actualidad se estima que en los últimos 200 años más del 90% de los bosques naturales ha desaparecido en la zona aquí considerada.

El uso neto de recursos fitogenéticos juega un papel muy pequeño en este proceso. El único caso de la sobre explotación de tal recurso ha sido el uso de la corteza de quina (para extracción de quinina y cinchonina) de cascarillas (*Cinchona* spp., Rubiaceae) con especies muy utilizadas en el pasado contra la malaria o paludismo. Su búsqueda para combatir este mal ha hecho que sus poblaciones disminuyan notablemente [p.e. en bosques de Cutervo y San Ignacio en Cajamarca (López 1971)].

Mientras los bosques relictos son un hábitat en proceso de destrucción, al mismo tiempo todavía sabemos muy poco sobre su ecología y composición florística. Los estudios taxonómicos y florísticos son necesarios y urgentes, pues la pérdida de biodiversidad es más rápida de lo que se está haciendo científicamente. Cada año se publican numerosas especies nuevas de plantas de esta zona (ver estudios en Weigend 2005a), sin embargo mientras observamos que los estudios están progresando en algunos grupos de plantas (Pteridophyta, Solanaceae, Loasaceae, Urticaceae, Grossulariaceae, Asteraceae), la mayor parte de la flora queda aún sin estudios. Una evaluación del número de especies registradas de varios bosques relictos de la zona muestra que en la actualidad la documentación en los herbarios es muy incompleta: Se estudió la representación de cuatro grupos de plantas (*Urtica, Ribes, Nasa, Passiflora* grupo *lobbii*) probablemente presentes en todos bosques de la zona con por lo menos una (y hasta cinco) especies (Weigend *et al.* 2005c). Se compararon 31 fragmentos de bosque en el Norte de Perú, incluyendo algunos bosques de valles intra-andinos. Asumiendo la presencia mínima de por lo menos una especie de cada uno de los grupos y una especie registrada para cada fragmento de bosque (31 x 4 = 124), en realidad tenemos un total de 48 registros. Además observamos hasta cinco especies de *Nasa* en los bosques mejor conocidos (Canchaque, La Florida). Por consiguiente, estimamos que para estos cuatro grupos bien estudiados nuestro conocimiento comprende tal vez menos del 25% de la distribución y tal vez 50-75% de la diversidad taxonómica en los bosques relictos. Para grupos no recientemente revisados y sin especialistas trabajando en el campo, las cifras deben ser mucho menores.

El estado actual de nuestro conocimiento aún no nos permite dar cifras ni del número exacto de especies endémicas presentes en los bosques relictos. Este artículo procura relevar la importancia económica actual y el potencial, tanto ecológico como fitogenético de los bosques relictos. Para tener una idea de la diversidad florística de los bosques, presentamos algunas cifras sobre el número de taxa documentadas:

1. Bosque La Oscurana (Prov. San Miguel Cajamarca): El análisis preliminar incluye 85 familias, 169 géneros y 258 especies de plantas vasculares (Juarez *et al.* 2005).
2. Bosque de Cachil (Prov. Contumazá, Cajamarca): El catálogo de plantas indica 73 familias, 162 géneros y 325 especies de angiospermas, una gimnosperma y 13 familias con 27 géneros y 48 especies de helechos y criptógamas (Sagástegui *et al.* 1995; Sagástegui *et al.* 2003, ABIS 2006: www.sacha.org).
3. Bosque de Monteseco (Prov. Santa Cruz, Cajamarca): La relación florística de plantas con flores y helechos incluye: 88 familias, 200 géneros y más de 326 especies (Sagástegui & Dillon 1991, Sagástegui *et al.* 2003, ABIS 2006: www.sacha.org).
4. Bosque de Cutervo (Prov. Cutervo, Cajamarca): El inventario registrado presenta 110 familias, 360 géneros y 650 especies de angiospermas, una familia de gimnospermas con una especie y 19 familias con 42 géneros y 84 especies de helechos y criptógamas (Sagástegui *et al.* 2003).

5. Bosque de Canchaque (Prov. Huancabamba, Piura): El inventario preliminar indica, 58 familias, 103 géneros y 118 especies (Fuente: ABIS 2006: www.sacha.org).
6. Bosque Mijal (Prov. Morropón, Piura): El estudio preliminar indica la presencia de 70 familias, 169 géneros y 229 especies de Pteridophyta y Angiospermae (Sánchez *et al*. 2004).
7. Bosques de Kañaris (Prov. Ferreñafe, Lambayeque): Todavía no existe una relación de las especies presentes; sin embargo el estudio de Llatas & López (2005), así como las investigaciones del campo llevadas al cabo en junio 2005 (por Hofreiter & Rodríguez) y en mayo 2006 (por M. Weigend y sus estudiantes) indican que por su extensión de alrededor de 13.000 ha, con la presencia de bosques entre los 500-4.000 m sobre una variada geografía, incluyen probablemente a miles de especies vegetales. Las primeras identificaciones indican tanto un elevado nivel de endemismo (p.e. *Satureja, Nasa, Pedicularis*) como también la presencia de géneros y especies normalmente solamente conocidas de la selva alta (p.e. *Hedyosmum cumbalense, Cecropia*, entre otras).

La valoración económica de los servicios ecosistémicos de los bosques ha cambiado fundamentalmente en años pasados (Daily & Ellision 2002). Los bosques no sólo contribuyen en la purificación de aguas, sino también reducen el riesgo de desprendimientos de tierra, de desbordes y sequías, así como aportan en la estabilidad del clima local y regional. Ya que las reglamentaciones legales normalmente no pueden impedir la destrucción avanzada de estos ecosistemas, se trata de cuantificar el servicio de estos ecosistemas y el beneficio público que ofrecen. El objetivo es considerar la conservación de ecosistemas de una manera provechosa para toda la sociedad. Comparable a la situación de la captación hídrica de los bosques relictos fue demostrado en Nueva York en 1997 con la conservación y mantenimiento de la cuenca hidrográfica Catskill/Delware (arriba de esta ciudad) – como base natural de tratamiento del agua – se realizó con menor inversión y gastos que la construcción de nuevas plantas de depuración.

A continuación se presentan algunas ideas sobre el potencial económico y fitogenético de estos bosques, separado en los temas: Importancia climática e hidrológica, potencial eco turístico y potencial fitogenético.

Importancia hidrológica

Los bosques relictos de la zona Amotape-Huancabamba comprenden a los ríos que bajan a la costa y generan agua utilizada en la agricultura y para el consumo humano en las regiones de Chiclayo, Trujillo y Piura. Los ríos del complejo Lambayeque representan el mayor complejo de irrigación en la costa del Perú, estimado en la tercera parte del área con posibilidad de irrigación en toda la costa (Kosok 1959). Los ríos que comprenden este complejo son principalmente los siguientes: La Leche y el Chancay (originados en los bosques de Kañaris, La Palma, Chugur y Llama) y el Zaña (originado en el bosque de Monteseco:Taulis, Santa Rosa). Otro río de importancia es el Río Jequetepeque, que antes tuvo varios bosques ribereños desarrollados en sus orillas y ahora se encuentran completamente destruidos como los bosques de San Miguel y Huacraruco (Koepcke 1961), los cuales ahora solamente están reconocibles como restos de bosque en quebradas y aislados grupos de *Alnus, Ribes* y *Hesperomeles* entre campos de cultivo abandonados. El Río Jequetepeque tiene un gran embalse (Tembladera) de suma importancia económica. De la misma manera, el Río Chicama recibe aguas provenientes de los bosques de Contumazá (e.g. Cachil) y de los bosques ahora muy reducidos de Llaguén y Lucma (Koepcke 1961). Finalmente, el Río Moche originado en

las partes altas de la Provincia de Otuzco - que antes probablemente estuvo profusamente recubierto por bosques, como ahora se puede reconocer sobre la base de una abundancia de bosquecillos de *Alnus* por todas partes pero que ahora carece de cobertura boscosa bien preservada.

No cabe duda que la presencia de bosques es muy importante para la captura y más todavía para el almacenamiento de agua, asegurando que el agua siga llegando a la costa en ausencia de la temporada de lluvias (Bruijnzeel 2000, Bruijnzeel & Hamilton 2000). Mas aún, los bosques procuran agua muy limpia mientras tanto el agua que sale de los cultivos será contaminada con pesticidas, fertilizantes y materia orgánica o con metales pesados provenientes de los relaves de asentamientos mineros, no deseables para el agua potable. La presencia de suficiente agua destinada a agricultura y consumo es de importancia para la vida en la costa del Norte del Perú y la mayor importancia económica de los bosques es la captura y almacenamiento de agua. La reducción de la cobertura de los bosques indudablemente resultará en una pérdida de agua en cantidad y calidad y una mayor estacionalidad de los caudales, así que no habrá suficiente agua durante los meses secos (junio-noviembre).

Para un desarrollo económico y social de la costa peruana, la protección de los caudales de los ríos es imprescindible lo cual se puede llevar a cabo de dos formas: cuidando los bosques aún existentes en forma urgente con programas ambientalistas y aplicando una reforestación extensiva con especies nativas y típicas de los bosques, previo a un inventario florístico. La reforestación de las zonas altas con eucalipto y pino, como se ha venido practicando sin ningún criterio técnico ni científico a lo largo de los Andes, es contraproductiva y sólo acelera la pérdida de agua en la parte alta de los Andes, a la vez que impide por alelopatía el crecimiento de especies nativas. Afortunadamente, la mayor parte de las plantaciones de pino (p.e. en Ullurpampa, Lambayeque y Cajamarca, Cajamarca) está ahora muriendo y desaparecerá en poco tiempo. Al mismo tiempo, la conversión de bosques en cultivos ha resultado en altos niveles de erosión, especialmente en la Provincias de Otuzco (La Libertad) y de Ferreñafe (Lambayeque). La reconversión de las zonas más afectadas en bosques de especies nativas (p.e. *Aliso* - *Alnus acuminata* Kunth, *Hesperomeles lanuginosa*, *Podocarpus* spp.) será una medida de emergencia para la protección de los suelos y para evitar la contaminación del agua.

Como se mencionó antes, el cuidado de los bosques es de extrema importancia para la protección de las cuencas altas de los ríos. Este aspecto es crucial para mantener los ríos de la costa norte, donde el agua es vital para uso urbano y en agricultura. Este cuidado de los caudales y cuencas a través de la conservación de los bosques remanentes definitivamente debe iniciarse por la población cercana a los bosques relictos. Esta población en la actualidad no recibe nada de los consumidores aguas abajo de los ríos ni de las autoridades de turno. La única posibilidad de asegurar que la población cercana a los bosques relictos muestre interés y estén dispuestos a conservarlos, es asegurar que su servicio a la comunidad sea recompensado.

Ecoturismo

La mayor parte de los bosques relictos son relativamente accesibles desde la costa, comparado con otras zonas de interés ecoturístico de la vertiente occidental de los Andes. Las zonas de Contumazá, La Florida y Canchaque son zonas de belleza paisajística. La abundancia de una variada fauna exótica de aves, anfibios, serpientes, cangrejos del agua dulce, entre otros (Koepcke 1961, Cadle & McDiarmid 1990, Cadle & Chuna 1994, Vellinga *et al.* 2004, Flanagan *et al.* 2005, Vellinga *et al.* 2004.) y una flora muy vistosa con abundancia de especies de plantas

ornamentales de diversas familias (p.e. Solanaceae, Asteraceae, Orchidaceae, Loasaceae, Alstroemeriaceae) (Koepcke 1961, Sagástegui 1989, 1995, Sagástegui & Dillon 1991, Sagástegui *et al.* 1995, 1999, 2003, Hofreiter & Rodríguez 2005) son recursos muy importantes para el ecoturismo. En algunas zonas adicionalmente existen ruinas preincaicas, agregando interés adicional para el turismo (p.e. Ayavaca y Contumazá).

Sin embargo, en la actualidad, la mayor parte de las zonas son casi inaccesibles para el turismo, debido a las vías de comunicación precarias o a la falta de mantenimiento y la falta de infraestructura turística.

La zona del mayor potencial para el ecoturismo es la de Contumazá: Tiene una flora local publicada (Sagástegui 1989, 1995), ruinas preincaicas; es relativamente accesible y tiene algo de infraestructura, cuenta con algunos fragmentos de bosque cerca de la carretera (San Mateo-Cachil), tiene vegetación muy vistosa (especialmente abril-junio) y también cuenta con un paisaje muy variado. En segundo lugar, la zona de Ayavaca, presenta muchas de las características de Contumazá, pero la desventaja es que está más aislada y es de difícil acceso, aspectos que influyen a que sea un tanto desconocida. La Florida con su bosque nublado y belleza escénico-paisajística (catarata El Chorro Blanco), así como con su flora diversa y presencia de muchas especies de aves, mamíferos y reptiles tiene tal vez el mayor interés para turistas con enfoque en la biología. Sin embargo, la carencia de infraestructura turística dificultan su desarrollo ecoturístico.

Sin embargo, la comercialización de los recursos turísticos (paquetes turísticos) de los bosques relictos podrá ser realizada con esfuerzos de los gobiernos departamentales y regionales, combinando la creación de reservas regionales o estaciones biológicas (con intervención de la comunidad científica local y nacional), con una consolidación de la infraestructura hotelera. El circuito turístico de Alto Mayo (Río Negro-Río Abiseo y Morro de Calzada, Alto Mayo-San Martín) puede servir como un ejemplo de la colaboración de distintos sectores (gobierno, ONG's nacionales e internacionales) en el desarrollo económico y social, especialmente el ecoturismo y con una participación de toda la población (PEAM 2006: http://www.peam.gob.pe/). El ecoturismo es una de las pocas posibilidades para que la población local obtenga recursos económicos y mejore su calidad de vida, a través de la misma conservación del bosque.

Potencial fitogenético

El potencial fitogenético comprende varios usos de plantas, los más importantes son la madera y leña como energía, el pasto y como pesticidas, así mismo como recurso alimenticio en general, en preparaciones farmacéuticas y cosméticas. Existen muchas compilaciones de los usos de las plantas andinas cubriendo las siguientes categorías:

Recursos farmacéuticos

En la actualidad la percepción del potencial fitogenético en la mayor parte de los países con alta fitodiversidad se enfoca en el potencial farmacéutico. Eso se basa, parcialmente, en la muy desarrollada conciencia de la gente sobre la importancia del conocimiento de la medicina tradicional, especialmente en los Andes. Sin embargo, la investigación científica del potencial farmacéutico es muy limitada y se realiza mayormente fuera de Sudamérica, siendo muy exigentes los prerequisitos para desarrollar la preparación comercial de una medicina. Adicionalmente, la bioprospección es un proceso largo y arduo. Además, el temor justificado de la biopiratería hace cada vez mas difícil la exportación legal de muestras para el análisis, así que la mayor parte de los estudios se basan en material poco representativo de unas pocas especies

comunes, en vez de incluir estos taxones estrechamente endémicos y ecológicamente especializados que parecen las mas promisorias. El enfoque de estas actividades en el Perú ha sido hasta ahora mayormente aplicado en la región amazónica. No hay duda sobre el potencial farmacéutico de la flora de los Andes, pero parece remota la probabilidad de que vaya a generar trabajo o ingresos para una parte significativa de la población, ya que las cantidades usadas y el precio pagado por la materia prima en el país de origen por la regla general son relativamente bajos. A pesar de lo dicho la investigación de la flora medicinal tanto de los bosques relictos como del Perú en general debe de seguir avanzando, con métodos un tanto tradicionales (etnobotánica) como de laboratorio.

Recursos cosméticos e ingredientes naturales

Mientras el establecimiento de una nueva preparación medicinal en el mercado es difícil, no es el caso con las preparaciones cosméticas. El mercado para estas preparaciones es mucho más abierto y mucho menos controlado; las empresas activas en este mercado están constantemente en busca de nuevos ingredientes o componentes para realizar preparaciones con indicaciones casi medicinales, así como el tratamiento de diversas afecciones como del acné, neurodermitis, problemas del pelo, pero también con efectos netamente técnicos como preservativos, perfumes y estabilizadores. Las plantas usadas comprenden especies con alcaloides, aceites y aceites esenciales, antioxidantes (taninos, flavonoides), ceras y resinas y gomas. La flora de los bosques relictos no se muestra especialmente rica en elementos con estas características, pero sí hay abundancia de especies con estos componentes como las solánaceas, asteráceas y lamiáceas, que tienen gran potencial en preparaciones cosméticas. Vale destacar cinco ejemplos de elementos bien representados en los bosques relictos:

1. Varias especies de *Cestrum* e *Iochroma* (Solanaceae) se utilizan en preparaciones cosméticas contra irritaciones de la piel y del pelo (Albán-Castillo 1998), pero todavía no existen en el mercado internacional. Sin embargo, gran número de especies de este grupo (*Sessea, Iochroma, Cestrum, Larnax*) están presentes en los bosques relictos y muchas de ellas fueron recién descritas y registradas (p.e. *Iochroma, Larnax* y *Sessea*, Leiva *et al.* 1998c, 2003, Leiva & Quipuscoa 1998, Beltran & Galan 2001, Leiva & Lezama 2005). Falta una investigación sistemática de sus propiedades farmacológicas y después el desarrollo de un producto para el mercado internacional.
2. Estudios sobre la composición química de los aceites de las semillas de *Nasa* (Loasaceae, Aitzetmüller *et al.* 2004, Weigend *et al.* 2004a) descubrieron que tienen un alto contenido en ácidos con demanda, tanto en la industria alimenticia como cosmética: ácido gamma-linolénico y estearidónico. Los bosques relictos en el norte de Perú tienen la mayor concentración de especies en los Andes (Weigend *et al.* 1998, 2004b, Dostert & Weigend 1999, Rodríguez & Weigend 1999, 2004, Weigend 2000a, b, 2002, 2004b, Weigend & Rodríguez 2003) y todavía no se sabe nada sobre la posibilidad de cultivar estas especies para convertirlas en un recurso económico. Estas especies tienen el potencial de convertirse en uno de los mayores recursos fitogenéticos del país. Aceites vegetales y especiales con ácidos grasos poliinsaturados (ácidos grasos omega-3 y omega-6) se han establecido en el mercado durante los 20 años (Clough 2001a, b). El énfasis de la utilización hasta ahora es ácido gamma-linolénico. No obstante los ácidos grasos vegetales omega-3 han recibido más atención científica y

pública en los años pasados, ya que la demanda está creciendo y las fuentes actuales no pueden seguir las recomendaciones alimentarias y proveerlas al mercado. Las fuentes dietéticas de los ácidos grasos omega-3 incluyen el aceite de pescado y ciertos aceites de plantas o nueces. Estos aceites se utilizan principalmente en suplementos dietéticos y preparados alimenticios, por ejemplo para bebés y en forraje. El mercado total se eleva a aproximadamente a 50 millones de dólares al año. Los problemas mayores de las fuentes actuales se deben a la dependencia climática y a la composición de ácidos grasos, productividad baja de las plantas utilizadas y procesamiento costoso de los aceites crudos (Alonso 2000). Por ello todavía se buscan fuentes nuevas.

3. El género *Ribes* es un género económicamente importante (Weigend 2006) y se utiliza tanto en mates, preparaciones de los frutos, como para la extracción del aceite de sus semillas (Lercker *et al.* 1988, Artaud 1992), así mismo contiene muchos flavonoides de potencial como alimentos funcionales (George *et al.* 1974, Le Lous *et al.*1979, Gluchoff-Fiasson *et al.* 2001). Este género comprende gran número de especies en el norte de Perú y tiene algunas especies endémicas en la zona de bosques relictos (Weigend *et al.* 2005c). Hasta ahora, los únicos reportes de uso de especies sudamericanas para el consumo humano provienen de la Patagonia (Rapoport *et al.* 1999), pero las especies peruanas así como *Ribes colandi* (Figura 1) de los bosques relictos del norte de Perú son arbustos muy robustos y desarrollados, ideales para un cultivo comercial y con gran producción de frutos de fuerte coloración. Tienen un potencial considerable tanto para el uso de sus hojas como fuente prometedora de flavonoides y para la extracción de aceites de sus semillas. Además las especies del género *Ribes* podrían proveer antocianinas de sus frutos para el uso en la industria alimenticia. Las antocianinas son los colorantes hidrosolubles vegetales más importantes y se las encuentra en muchas plantas alimenticias, siendo responsables de los colores rojo, azul y negro de flores y frutas. La especie comercialmente más importante del género es *Ribes nigrum*, que contiene aproximadamente 250 mg antocianina/100 g (materia fresca) y se la utiliza para la producción de extractos enriquecidos de antocianinas en la industria alimenticia (Moyer *et al.* 2003, Slimestad & Solheim 2003). Los residuos de la producción de su zumo sirven como materia prima barata en su fabricación. El mercado de antocianinas para colorantes de alimentos ha crecido en años pasados, siguiendo la demanda de consumidores de ingredientes naturales. El mercado total de colorantes alimenticios se estima en aproximadamente 940 millones de dólares anuales. Los colorantes naturales aportan aproximadamente 250 millones de dólares con un crecimiento anual de 5-10% (Downham & Collins 2000). Las fuentes más importantes y comercializadas son la uva roja (*Vitis vinifera*) y la col roja (*Brassica oleracea*), pero se propone constantemente nuevas fuentes (Francis 1989, 2000). Adicionalmente, la zanahoria negra (*Daucus carota*), sauco europeo (*Sambucus nigra*) y roselle (*Hibiscus sabdariffa*) se utilizan como recursos naturales para la producción de colorantes (Bridle & Timberlake 1996).

4. Varios géneros de Lamiaceae presentes en los bosques relictos y a lo largo de sus márgenes, asi como *Satureja* y *Minthostachys*. Estas plantas son muy utilizadas a lo largo del país como condimientos y para la preparación de mates y infusiones medicinales. La única especie hasta ahora investigada de este grupo es *Minthostachys mollis* (Alkire *et al.*

Fig. 1: Zona casi completamente deforestada entre Pucará (Depto Cajamarca) y Kañaris (Depto Lambayeque) a altitudes de 1.500-2.300 m. Nótese los relictos boscosos en las quebradas. Foto: Maximilian Weigend.

1994, De Feo 1992), pero otras especies de *Satureja* se utilizan en la zona y tienen un aroma fuerte y agradable (p.e. en Ullurpampa, Prov. Ferreñafe). En la actualidad tanto la taxonomía como la fitoquímica de estas plantas permanecen completamente desconocidas. Sin duda, existen muchas más especies en otros géneros, como *Otholobium* (Fabaceae), *Tagetes* (Asteraceae), *Solanum* (Solanaceae), que podrían utilizarse para la extracción de componentes funcionales o aromáticos para su uso en preparaciones cosméticas.

5. El género *Urtica* se utiliza en casi todo el mundo para preparaciones cosméticas, farmacéuticas, para obtener colorantes (clorofila, carotenoides), fibras y como verdura en varios guisos. Kavalali (2003) revisa todos los usos y muestra la eminente utilidad de las ortigas para varias industrias. Los bosques del norte del Perú tienen por lo menos siete especies de *Urtica*, tres de las cuales con endémicas (*U. lalibertadensis*, *U. urentivelutina*, *U. peruviana* (Figura 2), además hay poblaciones de las especies mas ampliamente distribuidas *U. macbridei*, *U. leptophylla*, *U. echinata*, *U. longispica*) y así tienen mayor cantidad de especies que ningún otro sitio en Centro o Sudamérica. Ninguna de las especies mencionadas ha sido investigada respecto a las propiedades de sus fibras, su fitoquímica o sus usos potenciales en alimentación, o sea como materia prima de la industria. Dos de estas especies (*U. urentivelutina*, *U. peruviana*) son endémicas y al borde de la extinción.

Recursos maderables

Los recursos maderables de los bosques relictos también tienen una importancia limitada a nivel nacional, ya que el Perú tiene enormes bosques en la vertiente oriental de los Andes, así como en la Amazonía. Además, la explotación indiscriminada de madera ya ha destrozado gran parte de los bosques del noroccidente peruano y no quedan muchos recursos respecto a las maderas más preciadas, como *Cedrela* (Meliaceae) y *Podocarpus* (Podocarpaceae). Probablemente el único bosque que todavía tiene recursos maderables en abundancia es el bosque de Kañaris, compuesto principalmente por especies de *Persea*, *Ocotea*, *Nectandra* (Lauraceae), *Podocarpus* (Podocarpaceae) y

Fig. 2: *Urtica peruviana* Geltm.- una de un total de tres especies endémicas de los bosques relictos. (Escaneo: Maximilian Weigend.

Myrcianthes (Myrtaceae) y que aún tiene una extensión de ca. 13.000 hectáreas. Este bosque es posiblemente el único que llama la atención para un manejo sostenible a largo plazo con enfoque sobre los recursos maderables. Los demás bosques son demasiado reducidos para aprovechamiento de su madera a gran escala y se deberían definir como "bosques de uso local", es decir, para abastecer a la demanda exclusiva de las poblaciones adyacentes. El recurso maderero indiscriminadamente utilizado en el pasado y procedente de los bosques relictos en términos reales y menor escala hoy en día por su notable disminución es *Podocarpus* (*P. oleifolius*), los denominados saucesillos, romerillos u olivos. Actualmente y en su mayor parte la población local construye en menor escala umbrales, puertas, ventanas, muebles y techos de las casas, así como para fabricar utensilios de cocina, agrícolas y como leña de otras especies madereras como: Aliso o lambrán (*Alnus acuminata*, Betulaceae), laurel (*Cordia alliodora*, Boraginaceae), ishpingo y robles (*Aiouea dubia* y *Nectandra* spp., *Persea* sp. y *Ocotea* spp., respectivamente, Lauraceae), cedros (*Cedrela montana*, *C. lilloi* y *Ruagea glabra*, Meliaceae), chachacoma, sun y pauco (*Escallonia micrantha*, *E. resinosa* y *E. pendula*, naranjillos (*Citronella ilicifolia* y *C. paniculata*, Icacinaceae), nigua, juanjil (*Miconia* spp., Melastomataceae), bejuco (*Passiflora sagastegui*, Passifloraceae) – utilizado en el área de Contumazá para el amarre de las vigas y umbrales de los techos de las casas –, los estípites de numerosas especies de palmeras (p.e. *Ceroxylon* spp., Arecaceae), entre otros. Entonces, la importancia de los recursos maderables se fundamenta en procurar energía como leña y madera para la misma población de las regiones y por eso se debe desarrollar a corto plazo su utilización sostenible conforme con la Ley Forestal y de Fauna Silvestre del Perú (Ley Nº 27308 del 16.07.2000). Una clara visión respecto a los recursos requeridos tanto de madera para construcción y leña debe ser la base de un plan de manejo forestal y las especies

para la reforestación deben ser dirigidas hacia esos usos. En la actualidad, el aliso (*Alnus acuminata*) se usa en enormes cantidades para la producción de cajones de fruta destinada a la agricultura de la costa. El aliso, que todavía abunda como especie pero no en forma de grandes bosques, ahora ya es extraido de la parte oriental de los Andes (p.e. de la Prov. Bolívar y Pataz en el Dpto. La Libertad) hacia la costa con este fin.

Plantas ornamentales

Los taxa con belleza ornamental abundan en los bosques relictos, entre ellas especies de *Calceolaria* (Scrophulariaceae), *Neomortonia* (Gesneriaceae), *Zinnia* (Asteraceae), *Larnax*, *Iochroma*, *Jaltomata*, *Saracha*, *Solanum* y *Browallia* (Solanaceae), *Bomarea* (Alstroemeriaceae), *Begonia* (Begoniaceae), *Heliotropium* (Heliotropiaceae/Boraginaceae), *Dalechampia* (Euphorbiaceae), *Centropogon*, *Siphocamphylus* (Campanulaceae), *Fuchsia* (Onagraceae), *Anthurium* (Araceae), Orchidaceae, Bromeliaceae, entre otras. El mercado de plantas ornamentales en la actualidad está creciendo rápidamente y se está buscando novedades cada año. Tal vez el mayor cambio, comparado al mercado de hace algunos años, es la posibilidad de vender plantas perennes y más desarrolladas en vez de las pequeñas como antes ocurría en Europa. Esto significa que muchas plantas que parecieron irrelevantes como ornamentales en el mercado internacional ahora si parecen interesantes. De esta manera, aparecen en el mercado cada año nuevas especies de *Salvia* de México y de Sudamérica. La flora de los bosques relictos resulta especialmente interesante para el uso ornamental en Europa, porque no requiere demasiado calor ni sol y tolera fuertes fases de lluvias, a diferencia de la flora de la zona a la misma altitud más al sur y más al norte. En la actualidad muy pocas plantas de esta zona están en el mercado, *Streptosolen jamesonii* (Solanaceae) representa una de las pocas excepciones.

Recursos alimenticios

Estos bosques gozan de un gran número de especies de frutas comestibles endémicas que actualmente no están siendo cultivadas ni exportadas a mayor escala. Normalmente las frutas son consumidas por los pobladores de los alrededores de los bosques relictos, pero también pueden ser procesados en jugos, ensaladas, mermeladas, obtención de aromas y de néctar. Checa y timbura (*Carica candicans* y *C. stipulata*, Caricaceae) son nativas de la zona y tienen potencial para la producción a mayor escala. Especialmente *C. candicans* es más tolerable al frío y resistente a sequías que la papaya (*Carica papaya*), además presenta un fruto de muy buen sabor y es idóneo para la fabricación de jugos, mermeladas o helados. Los frutos de arrayán, gashmin y llama (Myrcianthes sp., *Eugenia quebradensis* (Figura 3) y *Myrcia fallax* Myrtaceae), además de utilizarse como fruta fresca, también podrían emplearse por su color rojo oscuro en la extracción de antocianas, hoy muy buscadas y requeridas en la industria. Al respecto, un nuevo análisis de una especies brasileña de baguacu (*Eugenia umbelliflora*, Myrtaceae) mostró un perfil de antocianina interesante, con seis antocianinas mayores y una concentración total de 342 mg/100 g (Kuskoski *et al.* 2003).

Otra especie endémica, cuyo fruto es muy parecido a la lúcuma (*Pouteria lucuma*, Sapotaceae) es lúcuma del oso o lúcuma del gentil (*Chrysophyllum contumacense*, Sapotaceae) que podría ser domesticada y adaptada a una producción comercial, por ejemplo para la fabricación de helados. Además existen varios frutos de menor importancia, como *Larnax* y *Jaltomata* (Solanaceae) (Leiva 1996, Leiva *et al.* 1998a, b, d, Leiva & Mione 1999), mote-mote y vira vira (*Allophylus densiflorus*, Sapindaceae) y zarzamora (*Rubus* spp., Rosaceae), que todavía no se explotan a gran escala y que posiblemente tienen el potencial de establecerse en el mercado nacional y internacional, como ya ocurrió con la muy preciada *Physalis peruviana* (Solanaceae).

Aparte de frutos, también existen muchas plantas con raíces tuberosas (p.e. algunas especies de *Munnozia*, Asteraceae) en la zona que podrían convertirse en recursos comerciales, como ya ocurrió con el yacón (*Smallanthus sonchifolius*, Asteraceae), que se cultiva mucho en Asia (Grau & Rea 2002). En estos bosques relictos hay especies con raíces tuberosas a veces muy grandes, en grupos de plantas que normalmente no las tienen, como en Asteraceae, Onagraceae y Loasaceae (Weigend 2002). Actualmente para estas plantas no existen estudios sobre su utilización, tanto en alimentación como en otros posibles usos; consecuentemente aquí también podría existir un potencial para el desarrollo de los recursos fitogenéticos.

Recursos industriales

La rica flora de la región también comprende un gran número de especies que se utilizan desde la época prehispánica por los pobladores locales. Su corteza y hojas como tintes para teñir tejidos de colores que van desde el amarillo hasta el marrón oscuro, como de las siguientes: Andanga, mun (*Lomatia hirsuta*, Proteaceae), aliso, lambrán (*Alnus acuminata* Betulaceae), nogal (*Juglans neotropica*, Juglandaceae), español, pincullo (*Bocconia integrifolia*, Papaveraceae), cholito (*Daphnopsis weberbaueri*, Thymelaeaceae), pauco (*Escallonia pendula*, Escalloniaceae), chulgán (*Berberis* spp., Berberidaceae) (Fernández & Rodríguez, en prensa). Entre otros taxa utilizadas como colorantes por sus frutos se encuentran algunas especies de pichuchos o hierbas santas y cuytulumbo (*Cestrum* spp., *Salpichroa* spp., Solanaceae), *Ribes* spp. (Grossulariaceae) y pichuchas (*Monnina* spp., Polygalaceae). Todavía falta una investigación sistemática de su utilidad y métodos de uso sostenible para estos recursos.

Conclusiones

En la actualidad los bosques relictos están siendo destruidos de una manera rápida e

Fig. 3: Frutos comestibles de *Eugenia quebradensis* McVaugh (Myrtaceae). Foto: Eric Rodríguez.

irreversible. La importancia económica del ecosistema mismo (para proveer agua para la costa), así como sus amplios recursos fitogenéticos y su potencial ecoturístico tienen un valor económico mucho mayor a la utilización efímera de zonas taladas para cultivos, como se practica hoy en día. Sobre la base de nuestras observaciones en Kañaris estimamos que una familia de colonos en la zona del bosque de Kañaris consume alrededor de 1.000-2.000 m^2 de bosque por año, abandonando sus terrenos después de dos ó tres años de cultivo (Figura 4). Estas zonas no se regeneran, sino se cubren de *Pteridium aquilinum* sin recuperar la diversidad original. Son urgentes en el interés nacional la conversión de estos bosques en zonas de manejo sostenible, el desarrollo de programas de conservación y de investigación del valor fitogenético. La reforestación de las zonas con especies nativas (*Cedrela*, *Alnus*, *Podocarpus*) ya taladas y especialmente en aquellas que muestran una erosión fuerte es una medida prioritaria y urgente, tanto para proteger a los caudales de los ríos como para proteger a la elevada biodiversidad de la zona. La ciencia debe contribuir con una acelerada investigación y documentación de estos bosques, enfocándose en los recursos fitogenéticos y su uso potencial para el ser humano, asegurando a mediano plazo que la conservación de los bosques relictos sea reconocida como prometedora y lucrativa para la misma población local y no así un lujo inalcanzable.

La investigación podría enfocarse en los siguientes aspectos:

- Recolección de muestras en las zonas todavía poco conocidas, muy especialmente el bosque de Kañaris (actualmente al mismo tiempo el mayor bosque de la zona y el menos conocido).
- Colaboración con especialistas nacionales e internacionales para procurar listados

Fig. 4: Flores de *Ribes colandina* Weigend (Grossulariaceae) cerca de Celendin (Cajamarca), importante recurso fitogenético para la extracción de colorantes del fruto y usos industriales. Foto: Maximilian Weigend.

florísticos, revisiones y descripciones de las especies nuevas
- Evaluación de las especies con potencial económico (p.e., lamiáceas, solanáceas, loasáceas) para realizar su protección y cultivo, incluyendo estudios fitoquímicos y farmacéuticos.
- Investigación de los efectos hidrológicos y climatológicos de los bosques para valorar realistamente su importancia ecológica y económica
- Búsqueda de formas de agricultura alternativa a mediano plazo, con la finalidad de procurar alimentación para la gente que vive en la zona, pero sobre la base del áreas ya taladas.

Referencias

ABIS. 2006. Andean Botanical Information System. http://www.sacha.org/

Aitzetmüller, K., L. Brühl & M. Weigend. 2004. Seed oil FA of Loasaceae - a new source of ≥-linolenic and stearidonic acid. Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS) 81: 259-263.

Albán-Castillo, J. A. 1998: Etnobotánica y conservación en la comunidad andina de Pamparomas. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Alkire B.H., A.O. Tucker & M.J. Marciarello. *Minthostachys mollis* (Lamiaceae), an Ecuadorian mint. Economic Botany 48(1) pp.60-64. 1994.

Alonso, D.L. & F. García Maroto. 2000. Plants as 'chemical factories' for the production of polyunsaturated fatty acids. Biotechnology Advances 18(6): 481-497.

Artaud, J. 1992. Identification of -linolenic acid-rich oils. Ann. Falsifications Expertise Chim. Toxic. 85/909: 231-239.

Beltran S., H. & A. Galan de Mera. 2001. Nuevas adiciones a la flora del Perú, II. Arnaldoa 8(3): 63-66.

Bridle, P. & C.F. Timberlake. 1997. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. Food Chemistry 58(1-2): 103-109.

Berry, P. E. 1982. The systematics and evolution of *Fuchsia* sect. *Fuchsia* (Onagraceae). Ann. Missouri Bot. Gard. 69: 1-198.

Bruijnzeel, L.A. 2000. Hydrology of tropical montane cloud forests: a re-evaluation. Pp. 353-383 En: J. S. Gladwell (ed.) Proceedings of the Second International Colloquium on Hydrology of the Humid Tropics. CATHALAC, Panamá.

Bruijnzeel, S. & L.S. Hamilton. 2000. Decision time for cloud forests. IHP Humid Tropics Programme Series No.13, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris.

Cadle, J.E. & P. Chuna. 1994. A new lizard of the genus *Macropholidus* (Teiidae) from a relictula humid forest of northwestern Peru, and notes on Macropholidus ruthveni Nobel. Breviora 5001: 1-39.

Cadle, J. E. & R. W. McDiarmid. 1990. Two new species of *Centrolenella* (Anura: Centrolenidae) from northwestern Peru. Proc. Biol. Soc. Wash. 103: 746-768.

Clough, M.P. 2001a. Sources and production of speciality oil containing GLA and staeridonic acid. Lipid Technol 13: 9-12.

Clough, M.P. 2001b. Specialty vegetable oils containing -linolenic acid and stearidonic acid. 75-118 En: Gunstone, F.D. (ed.) Structured and Modified Lipids. Marcel Dekker Inc., Basel.

Daily, G.C. & K. Ellison. 2002. The new economy of nature - the quest to make conservation profitable. Island Press / Sherwater Books, Washington DC.

De Feo, V. 1992. Medicinal and magical plants in the northern Peruvian Andes. Fitoterapia 63: 417-440.

Dostert, N. & M. Weigend. 1999. A synopsis of the *Nasa triphylla complex* (Loasaceae), including some new species and subspecies. Harvard Papers in Botany 4: 439-467.

Downham, A. & P. Collins. 2000. Colouring our foods in the last and next millennium. J. Food Sci. Tech. 35: 5-22.

Fernández, A. & E. Rodríguez. En prensa. Etnobotánica del Perú Pre-Hispano.

Flanagan, J., I. Franke & L. Salinas. 2005. Birds and endemism in relict forests on western slopes of the North Peruvian and South Ecuadorian Andes. En Los Bosques Relictos del NO de Perú y SO de Ecuador por M. Weigend, E. Rodríguez & C. Arana (comp.). Rev. peru. biol. 12(2): 239-248.

Francis, F. J. 1989. Food colorants: anthocyanins (review). Crti. Rev. Food. Sci. Nutr. 28(4): 273-314.

Francis, F. J. 2000. Anthocyanins and betalains: composition and applications. Cereal Foods World 45(5): 208-213.

George, G., C. Candela, M. Quinet & R. Fellous. 1974. Identification of the diterpenic acid of *Ribes nigrum* buds. Helv. Chim. Acta 57: 1247-1249.

Gluchoff-Fiasson, K., B. Fenet, J.-C. Leclerc, J. Reynaud, M. Lussignol & M. Jay. 2001. Three new flavonol malonylrhamnosides from *Ribes alpinum.* Chem. Pharm. Bull. 49: 768-770.

Grau, A. & J. Rea, 2002. Yacón: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.). Pp. 199-242 En: M. Hermann & J. Heller (eds.) 1997. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Rome (Italy): Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute.

Hofreiter, A. & E. Rodríguez. 2005. Distribution and phenology of *Bomarea* (Alstroemeriaceae) in the relict forests of northwestern Peru. En M. Weigend, E. Rodríguez & C. Arana (comp.). Los Bosques Relictos del NO de Perú y SO de Ecuador por Rev. peru. biol. 12(2): 275-282.

Juarez, A., J. Ayasta, R. Aguirre & E. Rodríguez. 2005. La Oscurana (Cajamarca), un bosque relicto más para conservar en las vertientes occidentales andinas del norte del Perú. En M. Weigend, E. Rodríguez & C. Arana (comp.). Los Bosques Relictos del NO de Perú y SO de Ecuador por Rev. peru. biol. 12(2): 289-298.

Kavalali, G. M. 2003. Urtica: The genus *Urtica*. Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles 35: 1-112.

Koepcke, H.W. 1961. Synökologische Studien an der Westseite der Peruanischen Anden. Bonner Geogr. Abh. 29: 1-320.

Kosok, P. 1959. El Valle de Lambayeque. Actas y Trabajos del II Congreso Nacional de Historia del Perú 1:69-76.

Kuskoski, E. E.M.; J.M. Vega, J.J. Rios, R. Fett, A.M.Troncoso, & A.G. Asuero 2003. Characterization of anthocyanins from the fruits of baguacu (*Eugenia umbelliflora* Berg). J. Agric. Food Chem. 51(18): 5450-5454.

Llatas-Quiroz, S. & M. López-Mesones. 2005. Bosques montanos-relictos en Kañaris (Lambayeque, Perú). En M. Weigend, E. Rodríguez & C. Arana (comp.). Los Bosques Relictos del NO de Perú y SO de Ecuador por Rev. peru. biol. 12(2): 299-308.

Le Lous, J., B. Majoie, J. L. Moriniere & E. Wulfert. 1975. Study of the flavonoids of *Ribes nigrum*. Ann. Pharm. Franc. 33: 393-399.

Leiva G., S. & V. Quipuscoa S. 1998: *Iochroma nitidum* y *I. schjellerupii* (Solanaceae: Solaneae) dos nuevas especies andina del Norte de Perú. Arnaldoa 5(2): 171-178.

Leiva G., S. 1996. Dos nuevas especies de *Larnax* (Solanaceae: Solaneae) del Norte de Perú. Arnaldoa 4(1): 15-22.

Leiva G., S., & P. Lezama A. 2005. *Iochroma albianthum* e I. *Iochroma ayavacense* (Solanaceae: Solaneae), dos nuevas especies del Departamento Piura - Perú. Arnaldoa 12(1-2): 72-80.

Leiva G., S., & T. Mione. 1999. Dos nuevas especies de *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae: Solaneae) del Norte de Peru. Arnaldoa 6(1): 65-74.

Leiva G., S., P. Lezama A. & V. Quipuscoa S. 2003. *Iochroma salpoanum* y *I. squamosum* (Solanaceae), dos nuevas especies andinas del Norte de Peru. Arnaldoa 10(1): 95-104.

Leiva G., S., T. Mione & V. Quipuscoa S.1998a. Cuatro nuevas especies de *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae: Solaneae) del Norte de Perú. Arnaldoa 5(2): 179-192.

Leiva G., S., V. Quipuscoa S. & N. W. Sawyer. 1998b. Nuevas especies andinas de *Larnax* de Ecuador y Perú. Arnaldoa 5(1): 83-92.

Leiva G., S., V. Quipuscoa S. & N. W. Sawyer. 1998c. *Iochroma stenanthum* (Solanaceae: Solaneae) una nueva especie del Norte de Perú. Arnaldoa 5(1): 77-82.

Leiva G., S., E. Rodriguez & J. Campos de la Cruz. 1998d. Cinco nuevas especies de *Larnax* (Solanaceae: Solaneae) de los bosques montano del Norte de Perú. Arnaldoa 5(2): 193-210.

Lercker, G., M., Cocchi, & E. Turchetto. 1988. *Ribes nigrum* seed oil. Rivista Italiana delle Sostanze Grasse 65(1): 1-6.

López, A. 1971. Nota botánica sobre el Parque Nacional de Cutervo. Bol. Soc. Bot. La Libertad. 3(1): 71-74.

Moyer, R. A. , K.E. Hummer, C.E. Finn, B. Frei & R.E. Wrolstad. 2002. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium, Rubus*, and *Ribes*. J. Agric. Food. Chem. 50: 519-525.

PEAM, 2006. Proyecto Especial Alto Mayo, San Martín, Perú. http://www.peam.gob.pe/

Rapoport, E.H., A.H.Ladio & E.H. Sanz. 1999. Plantas comestibles de la Patagonia andina. mpr. Imaginaria, San Carlos de Bariloche.

Rodríguez, E. & M. Weigend. 1999. *Nasa umbraculifera* (Loasaceae: Loasoideae), una nueva especie con hojas peltadas del Perú. Arnaldoa 6(1): 49-56.

Rodríguez, E. & M. Weigend. 2004. *Nasa longivalvis* (Loasaceae: Loasoideae), una nueva especie del Departamento de La Libertad, Perú. Arnaldoa 11(2): 67-78.

Sagástegui, A. 1995. Diversidad florística de Contumazá (Cajamarca). Edit. Libertad E. I. R. L. UPAO, Trujillo. 203 p.

Sagástegui, A. & M.O. Dillon. 1991. Inventario preliminar de la flora del bosque de Monteseco. Arnaldoa. 1(1): 35-52.

Sagástegui, A. 1989. Vegetación y flora de la Provincia de Contumazá. CONCYTEC, Trujillo. 76 p.

Sagástegui, A., M.O. Dillon, I. Sánchez, S. Leiva & P. Lezama. 1999. Diversidad florística del norte del Perú. Tomo I. Edit. Graficart, Trujillo.

Sagástegui, A., S. Leiva, P. Lezama, N. Hensold & M.O. Dillon. 1995. Inventario preliminar de la flora del bosque de Cachil. Arnaldoa. 3 (2): 19-34.

Sagástegui, A., I. Sánchez, M. Zapata & M.O. Dillon. 2003. Diversidad florística del norte del Perú. Bosques Montanos. Tomo II. Edit. Graficart, Trujillo.

Sánchez, I., N. Grados & A. Díaz. 2004. Estudio preliminar de la diversidad florística del bosque. pp. 279. En: Mijal-Piura. M. Rodríguez, E. Rodríguez, M. Weigend, M. Chaman & J. Chico (eds.) Libro Resúmenes del X Congreso Nacional de Botánica, Trujillo.

Vellinga, W.P., J. N. M. Flanagan & T. R. Mark. 2004. New and interesting records of birds from Ayabaca province, Piura, north-west Peru. Bull. B. O.C. 124(2): 124-142.

Slimestad, R. & H. Solheim. 2003. Anthocyanins from black currants (*Ribes nigrum* L.) J. Agric. Food Chem. 50: 3228-3231.

Weigend, M. 2000a. A revision of the Peruvian species of *Nasa* ser. *alatae*. Nord. J. Bot. 20: 15-32.

Weigend, M. 2000b. Loasaceae. L. Andersson & G. Harling (eds.), Flora of Ecuador 64: 1-92.

Weigend, M. 2002. Observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba Zone in Northern Peru. En: K. Young, C. Ulloa U., J. L. Luteyn & S. Knapp (eds.) Plant Evolution and Endemism in Andean South America. Bot. Review 68(1): 38-54.

Weigend, M. 2004a. Four new species of *Nasa* ser. *alatae* (Loasaceae) in the Amotape-Huancabamba Zone of Peru. NOVON 14: 134-146.

Weigend, M. 2004b. Additional observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba Zone in Northern Peru: Defining the South-Eastern limits. Rev. Peru. Biol. 11(2): 127-134.

Weigend, M. 2006. Grossulariaceae. En: Kubitzki, K. (ed.) The Families and Genera of the Vascular Plants VIII: 168-176.

Weigend, M. & E. Rodríguez R. 2003. A revision of the the *Nasa stuebeliana* group [*Nasa* ser. *saccatae* (Urb. & Gilg) Weigend, Loasaceae] with notes on morphology, ecology, and distribution. Bot. Jahrb. Syst. 124(4): 345-382.

Weigend, M., E. Rodríguez R. & N. Dostert 1998. *Nasa insignis* y *Nasa glandulosissima*, dos especies nuevas de *Nasa* con hojas peltadas. Arnaldoa 5: 151-157.

Weigend, M., K. Aitzetmüller, & L. Bruehl. 2004a. The seeds of Loasaceae subfam. Loasoideae (Cornales) I: Seed release, seed numbers and fatty acid composition. FLORA 199/5: 424-436.

Weigend, M., T. Henning & C. Schneider 2004b. Notes on the systematics, morphology, distribution and pollination of *Nasa* Ser. *carunculatae* (Loasaceae subfam. Loasoideae). Syst. Bot. 29(1): 765-781.

Weigend, M., E. Rodríguez & C. Arana (compiladores). 2005a. Los bosques relictos del NO de Perú y SO de Ecuador. Rev. peru. biol. 12(2). http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/v12n2/Contenido.htm

Weigend, M., E. Rodríguez & C. Arana. 2005b. The relict forests of Northwest Peru and Southwest Ecuador. En M. Weigend, E. Rodríguez & C. Arana (comp.), Los Bosques Relictos del NO de Perú y SO de Ecuador . Rev. peru. biol. 12(2): 189-194.

Weigend, M., A. Cano & E. Rodríguez. 2005c. New species and new records of the flora in Amotape-Huancabamba Zone: Endemics and biogeographic limits. En M. Weigend, E. Rodríguez & C. Arana (comp.), Los Bosques Relictos del NO de Perú y SO de Ecuador. Rev. peru. biol. 12(2): 249-274.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 146-161.

Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus especies útiles

Alejandro Araujo-Murakami[1,2] & Freddy S. Zenteno Ruiz[1,3]

[1]Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés,
Casilla 10077 – Correo Central, La Paz, Bolivia
email: araujomurakami@yahoo.com
[2]Missouri Botanical Garden, P.O. Box 266, St. Louis, Missouri 63166-0266, USA.
[3]email: fred6zenruiz@yahoo.com

Abstract

We present the potential uses of montane forests in the Yungas of the Madidi. According to our experience in field, observations made by local people, and bibliographical revision we investigated the uses of species in humid forest (HF) and dry forest (DF) within eight categories: woody species (29 species HF and 35 species DF), fuel (48 species DF), construction (40 species HF and 53 species DF), fruit-bearing and nutritious species (30 species HF and 29 species DF), medicinal species, resins and essential substances, and ornamental species. The results show that in the humid forest of the Madidi exist 67 species with potential advantage and for the dry forest are 111 species. The families with more potential in the humid forest are Lauraceae and Fabaceae both with six species, and Burseraceae, Annonaceae and Arecaceae with five species respectively. On the other hand, for the dry forest we differ two families with the largest richness, which are: Fabaceae with 30 species and Myrtaceae with 14 species. Finally we analyzed resources with commercial values.
Key words: Useful species, Montane forest of Yungas, Humid & dry forests, Eastern Andes, Bolivia.

Resumen

En este documento presentamos las potencialidades de uso en los bosques montanos de los Yungas del Madidi. De acuerdo a la experiencia adquirida en campo, observaciones de uso hechas en las comunidades de la zona y revisión bibliográfica se ha dividido los usos tanto para el bosque húmedo (BH) como para el bosque seco (BS), en ocho categorías: especies maderables (29 especies BH y 35 especies BS), leña (48 especies BS), construcción (40 especies BH y 53 especies BS), frutales y alimenticias (30 especies BH y 29 especies BS), medicinales, productoras de resinas y sustancias esenciales y ornamentales. Los resultados muestran que existen 67 especies con potencial para se aprovechados en el bosque húmedo del Madidi y 111 especies para el bosque seco. Siendo las familias con mayor potencial en el bosque húmedo Lauraceae y Fabaceae ambas con seis especies y Burseraceae, Annonaceae y Arecaceae con cinco especies respectivamente). En cambio, para el bosque seco se diferencian notoriamente dos familias con la mayor riqueza aprovechable Fabaceae con (30 especies), Myrtaceae (14 especies). Finalmente se analiza el actual aprovechamiento comercial en la zona.
Palabras clave: Especies útiles, Bosque montano de Yungas, Bosques húmedo y secos, Andes orientales, Bolivia.

Introducción

La vegetación de los Andes y su diversidad son el producto de gran variedad de factores bióticos, geológicos y antrópicos que han interactuado a través del tiempo. Particularmente, el levantamiento final de los Andes trajo consigo la aparición de ambientes con características que brindaron oportunidades excepcionales para los procesos de especiación y adaptación (Stadtmüller 1987, Churchill *et al.* 1995, Kessler & Beck 2001). Gran parte de los bosques montanos en Sudamérica están ubicados dentro de la cadena montañosa de los Andes tropicales, los que son considerados como uno de los principales centros de diversidad en el mundo (Churchill *et al.* 1995).

Bolivia es uno de los países que integra la cadena montañosa de los Andes y presenta bosques montanos que comprenden el área biogeográfica de los Yungas incluyendo varias provincias de los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. La región de los Yungas presenta una alta diversidad de ambientes y éstos a su vez son de alta diversidad de flora y fauna (Kessler & Beck 2001). En esta flora nativa hay especies con potencialidades de aprovechamiento que podrían generar y sostener el desarrollo económico de las poblaciones que habitan la región.

Los bosques montanos del Madidi conforman una gran masa continua de vegetación, de la cual dependen una extraordinaria variedad de especies de flora y fauna, miles de habitantes de poblaciones indígenas y mestizas. Sin embargo, en algunas zonas el asentamiento de colonos ha generado niveles de deforestación, como es el caso de los Yungas donde la pérdida de áreas boscosas no solo representa una amenaza seria para la biodiversidad si no para la supervivencia de formas culturales y sociales, ya que son éstas las que dependen directamente de estos recursos. En el transcurso de los últimos 10 años los recursos forestales maderables y no maderables han sido objeto de una gran atención por su potencial para aumentar los ingresos y mejorar el nivel de vida de las poblaciones que habitan los Yungas.

Las resinas junto con la leña como fuente energética o combustibles; las flores, frutos, semillas, tubérculos y bulbos como alimentos, hojas de palmas y gramíneas, troncos, ramas y fibra de corteza para la construcción – entre otros - fueron los primeros productos forestales aprovechados por las poblaciones sedentarias y emigrantes, que todavía son empleados actualmente.

A partir de la conquista de América en el siglo XV, el proceso de extracción de los recursos naturales del bosque se aceleró. En las últimas décadas del siglo IXX y las primeras décadas del siglo pasado, se incrementó el extractivismo de plantas medicinales y de utilidad industrial como la quina, goma y otros (Mesa *et al.* 1999). En las décadas de los 80 se incrementaron las exploraciones de varios recursos forestales maderables y no maderables y es a partir de la década de los 90 y hasta la actualidad, que la colonización y la expansión de la frontera agrícola han sido importantes causantes de la deforestación, actividad que deteriora y minimiza las posibilidades de aprovechamiento y conservación de los recursos forestales en los bosques montanos húmedos, semihúmedos y secos.

La información básica sobre especies económicamente importantes y con potenciales de uso y aprovechamiento constituye una herramienta importante para la implementación de medidas adecuadas para su conservación efectiva y manejo a largo plazo. Los datos que se presentan en este documento manifiestan que los bosques montanos albergan una gran cantidad de recursos económicamente potenciales, que pueden ser aprovechados y / o manejados, respetando o imitando los procesos dinámicos que mantienen la estructura de estos bosques. Es así que este documento presenta listas y algunas consideraciones referentes a especies que actualmente están siendo utilizadas en la región de los diferentes tipos de bosques montanos del Madidi, además se presenta un listado de especies potenciales haciendo referencia a los usos y posibilidades de aprovechamiento bajo manejo.

El presente estudio hace referencia a la región norte del departamento de La Paz (Bolivia) en el límite de las provincias Abel Iturralde, Franz Tamayo y Bautista Saavedra dentro de los límites del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) Madidi. La información presentada se fundamenta en diferentes tipos de bosques montanos de la región Madidi como ser bosque de ceja de monte (2.700-3.500 m), bosque montano húmedo pluvial superior (1.700-2.700 m) medio (1.300-1.700 m) e inferior (600-1.300 m), bosque montano húmedo pluviestacional (1.200-1.700 m) y bosque seco

(600-1.400 m), aquí todas los bosques montano húmedos son agrupados como bosques montanos húmedos y los bosques montanos secos se analizan por separado (Killeen *et al.*1993, Müller *et al.* 2002). Toda la zona abarca una gran variedad de ecosistemas, los mismos que están definidos por su características topográficas y climáticas, presentando una topografía que va desde valles amplios hacia angostos o cañones, de laderas suaves a laderas empinadas y de cimas empinadas a mesetas; el clima es pluvial, pluviestacional y xérico (Fuentes 2005).

Metodología

Este trabajo fue basado en conocimientos adquiridos a través de varias expediciones a diferentes regiones del país y en especial a la región Madidi, además se refuerza con observaciones personales de los autores en cuanto a usos de las especies por los comunarios de la región. Por otro lado, se hizo una relación con las propiedades físico mecánicas, usos y aplicaciones de las diferentes especies presentes en estos bosques, infiriendo que éstas pueden ser utilizadas en los bosques montanos del Madidi. En el caso de las maderables, se asignaron categorías potenciales de uso en función a una combinación entre la demanda que existe en otras regiones productoras y la disponibilidad del recurso en los bosques del Madidi (asignando entres opciones: potencial alto, mediano y bajo). Igualmente en los frutales y o alimentos se asignaron categorías de consumo en base a observaciones de consumo local y de otras regiones donde existen y consumen estos recursos (también con tres categorías de consumo: alto, mediano y bajo).

Resultados

Se presentan listas y consideraciones de especies aprovechadas y potencialmente aprovechables en los bosques montanos húmedos y secos del Madidi.

Especies con potencialidades de aprovechamiento en los bosques montanos

Especies maderables

Para los habitantes de los bosques, los recursos maderables han sido muy importantes desde tiempos ancestrales. Estos han sido y son principalmente utilizados para la construcción de sus viviendas (p.e hojas de palmeras, los troncos o viguetas de diferentes especies se emplearon para la construcción de viviendas), horcones, corrales, canoas, remos, cascos, tacuses (morteros), manijas, batanes, elaboración de objetos personales (o artesanales y de utensilios domésticos) y medios de transporte (Figura 1).

Los bosques húmedos montanos o nublados presentan un buen potencial maderable, sin embargo su difícil acceso, las situaciones topográficas y climáticas generan un elevado costo para su aprovechamiento, lo que limita la extracción de madera a nivel comercial. En estos bosques existen especies valiosas como el nogal (*Juglans boliviana*), pinos de monte (*Podocarpus ingensis, P. oleifolius* y *P. rusbyi*), pino rojo (*Prumnopitys harmsiana*) y aicha aicha (*Alchornea glandulosa*), entre otras especies (Tabla 1), cuya madera es de calidad óptima para mueblería en general y que en ciertos lugares del bosque montano húmedo se encuentran en elevada frecuencia, abundancia y dominancia.

Otra formación importante entre los bosques montanos del Madidi son los bosques secos andinos que albergan una gran cantidad de especies de maderas dura, que actualmente son comercializadas y exportadas en otras regiones del país como la región chiquitana (en el departamento de Santa Cruz, al este de Bolivia). Especies como *Anadenanthera colubrina, Astronium urundeuva, Aspidosperma cylindrocarpom, Amburana cearensis, Machaerium scleroxylon y Myroxylon balsamum* son de alta abundancia, frecuencia y dominancia en estos bosques (Tabla 2).

Fig. 1: Medio de transporte acuático en los Yungas del Madidi. En este caso una balsa (*Ochroma pyramidale*) y cuya vara de empuje la constituye un palo de sipico (*Oxandra espintana*). Foto: Proyecto Madidi LPB-MO.

Estas especies del bosque montano seco pueden ser utilizadas para la fabricación de muebles de lujo, muebles de jardinería y mueblería en general; en la fabricación de instrumentos deportivos y accesorios de cocina; en la construcción y equipamiento de interiores y exteriores como ser puertas, ventanas, marcos de puertas y ventanas, pisos, vigas y techos; así mismo en carreteras y ferrocarriles para la construcción de puentes, cunetas, rieles y barandas; además pueden ser empleados en la construcción de instrumentos musicales y accesorios en general (INIA-ITTO 1996, ITTO 1996).

Especies combustibles (leña y carbón)

El perfil energético de los combustibles forestales en las regiones montañosas del Madidi está conformado principalmente por la producción de leña y carbón para consumo doméstico. En el sector domiciliario, la leña ha sido y sigue siendo el energético más importante, principalmente en zonas rurales y en poblaciones de la región, donde este recurso es aún es ampliamente utilizado. El uso de leña representa en áreas rurales de Bolivia una importante fuente de ingreso para muchas familias que venden la leña recolectada en mercados locales y a intermediarios que transportan este producto a centros poblados cercanos (p.e. Apolo, Guanay, Charazani y Pelechuco). El carbón podría ser una alternativa comercial, especialmente en los bosques montanos xéricos (o secos) y en menor grado en los bosques montanos pluviestacionales del Madidi.

En la presente sección no se hace un listado de especies combustibles de bosques montano húmedos por considerar que todas las especies leñosas son consideradas potenciales para este uso. En las zonas de mayor altitud se usa principalmente las keñuas (*Polylepis* spp.) y las kiswaras (*Buddleja* spp.), a medida que desciende en el gradiente altitudinal se usa el toco (*Hesperomeles ferruginea*), calvarios (*Miconia*

Tabla 1: Especies maderables presentes en los bosques montanos húmedos de Madidi (en base a observaciones personales, respaldadas por consulta bibliográfica en INIA-ITTO 1996, ITTO 1996, Superintendencia Forestal 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003), en orden alfabético

Nombre científico	Familia	Nombre común	Potencial
Alchornea glandulosa	Euphorbiaceae	Aicha aicha	Alto
Alnus acuminata	Betulacaceae	Aliso	Alto
Beilschmiedia tovarensis	Lauraceae	Laurel	Alto
Calyptranthes speciosa	Myrtaceae	Caycoma	Medio
Ficus spp.	Moraceae	Mata palo	Bajo
Hieronyma alchorneoides	Euphorbiaceae	Puka llanta	Alto
Hieronyma moritziana	Euphorbiaceae	Puka llanta	Alto
Ilex sp. Aquifoliaceae	Coro Pichana	Bajo	
Juglans boliviana	Juglandaceae	Nogal	Alto
Nectandra cuspidata	Lauraceae	Laurel	Alto
Nectandra laurel	Lauraceae	Laurel	Alto
Nectandra membranacea	Lauraceae	Laurel	Alto
Ocotea aciphylla	Lauraceae	Laurel	Alto
Ocotea cardinalis	Lauraceae	Laurel	Alto
Podocarpus ingensis	Podocarpaceae	Pino de monte	Alto
Podocarpus oleifolius	Podocarpaceae	Pino de monte	Alto
Podocarpus rusbyi	Podocarpaceae	Pino de monte	Alto
Polylepis sericea	Rosaceae	Keñua	Alto
Pouteria sp.	Sapotaceae	Lucuma	Bajo
Protium altsonii	Burseraceae	Copal	Medio
Protium heptaphyllum	Burseraceae	Yugua o isigo	Medio
Protium meridionale	Burseraceae	Yugua o isigo	Medio
Protium pilosum	Burseraceae	Yugua o isigo	Medio
Prumnopitys harmsiana	Podocarpaceae	Pino rojo	Alto
Richeria grandis	Euphorbiaceae		Bajo
Tapirira guianensis subsp. *subandina*	Anacardiaceae	Viloco	Bajo
Weinmannia fagaroides	Cunoniaceae	Kilichuma	Alto
Weinmannia pinnata	Cunoniaceae	Wichulo	Bajo
Weinmannia sorbifolia	Cunoniaceae	Wichulo	Bajo

spp.), yale (*Symplocos fimbriata*), durazno de monte (*Symplocos quitensis subsp. boliviana*), laureles (varias especies de Lauraceae) y wichullo (*Weinmannia* spp.) en la ceja de bosque. A altitudes menores cobran importancia las familias Lauraceae, Melastomataceae, Fabaceae, Moraceae y Podocarpaceae, entre otras.

Entre las especies con gran poder calorífico de los bosques secos andinos del Madidi se pueden registran más de 100 especies que pueden ser utilizadas para la producción de carbón vegetal y si consideramos que cualquier especie leñosa puede ser considerada como combustible o leña, las especies potenciales engloban el total de la diversidad de leñosas presentes en esta formación (Tabla 3). Es importante mencionar que los usuarios de la leña conocen y prefieren aquellas especies con un alto potencial calorífico, por este motivo en la tabla 3 solamente se hace mención a las

Tabla 2: Especies maderables presentes en los bosques secos andinos de Madidi (en base a observaciones personales, respaldadas por consulta bibliográfica de la INIA-ITTO 1996, ITTO 1996, Superintendecia Forestal 1999, 2000, 2001, 2002, 2003), organizadas según mayor a menor potencial.

Nombre científico	Familia	Nombre común	Potencial
Anadenanthera colubrina	Fabaceae	Willca o curupaú	Alto
Aspidosperma cylindrocarpon	Apocynaceae	Nucala o jichituriqui	Alto
Astronium urundeuva	Anacardiaceae	Vitaca o cuchi	Alto
Amburana cearensis	Fabaceae	Tumi o roble	Alto
Ampelocera ruizii	Ulmaceae	Batan	Alto
Cariniana estrellensis	Lecythidaceae	Pirijchu o yesquero	Alto
Cariniana ianeirensis	Lecythidaceae	Pirijchu o yesquero	Alto
Cedrela fissilis	Meliaceae	Cedro	Alto
Celtis loxensis	Ulmaceae	Algarobo blanco	Alto
Gallesia integrifolia	Phytolaccaceae	Ajo Ajo	Alto
Holocalyx balansae	Fabaceae	Jacaranda	Alto
Hura crepitans	Euphorbiaceae	Manuno u ochoo	Alto
Hymenaea courbaril	Fabaceae	Jacojaco o paquio	Alto
Machaerium scleroxylon	Fabaceae	Guayabón o morado	Alto
Myroxylon balsamum	Fabaceae	Resina	Alto
Oxandra espintana	Annonaceae	Sipico o piraquina	Alto
Phyllostylon rhamnoides	Ulmaceae	Chaki kaspi o cuta	Alto
Schinopsis brasiliensis	Anacardiaceae	Soto bitaca	Alto
Sweetia fruticosa	Fabaceae	Kellu mani	Alto
Tabebuia ochracea	Bignoniaceae	Lulo o tajibo	Alto
Albizia niopoides	Fabaceae	Kellu uchichi	Medio
Clarisia biflora	Moraceae	Chicle caspi o mururé	Medio
Copaifera reticulata	Fabaceae	Copaibo	Medio
Cordia alliodora	Boraginaceae	Picana	Medio
Enterolobium cyclocarpum	Fabaceae	Tuntun	Medio
Platymiscium pinnatum	Fabaceae	Cedrillo	Medio
Swietenia macrophylla	Meliaceae	Mara	Medio
Aspidosperma macrocarpon	Apocynaceae	Ayatullo	Bajo
Ceiba samauma	Bombacaceae	Algodón	Bajo
Ormosia boliviensis	Fabaceae	Wayruro	Bajo
Platymiscium pubescens	Fabaceae	Paquicha, yana paquicha	Bajo
Stryphnodendron guianense	Fabaceae	Canelón	Bajo
Tabebuia impetiginosa	Bignoniaceae	Lulo	Bajo
Tabebuia serratifolia	Bignoniaceae	Lulo	Bajo

especies con potencial carbonífero y que a su vez son preferidas como leña, que se encuentran en alta abundancia, frecuencia y dominancia.

En estos bosques se debe prever que especies con utilidad maderable o industrial se empleen como combustible, porque esto significaría el derroche de un valioso recurso natural, pero también hay que considerar que los combustibles cumplen una valiosa función socioeconómica.

Especies para construcción

Las comunidades que habitan en los bosques montanos del Madidi utilizan diversos recursos del bosque para fines de construcción de viviendas, algunos con mayor preferencia que otros. Entre los más comunes se puede citar en aquellas comunidades cercanas al bosque seco la hoja de charo o chuchío (*Gynerium sagittatum*, Poaceae) son empleadas para techado de sus casas (Figura 2), sin embargo aquellas comunidades que habitan áreas del bosque montano húmedo emplean la paja brava o ichu (*Axonopus siccus*, Poaceae), corteza de nogal (*Juglans boliviana*), ramo (*Ceroxylon vogelianum*, Arecaceae) y hojas de palmeras como de la jatata (*Geonoma deversa*), chiñi o palmito (*Euterpe* spp.), majo (*Oenocarpus bataua*) y tola (*Dictyocaryum lamarkianum*), que según García *et al.* (2002) la tola pueden durar de 7 a 10 años (Figura 3).

La gente que habita los bosques montanos húmedos o nublados crea áreas de praderas para dar lugar al crecimiento de macollos de ichu o paja brava (*Axonopus siccus*, Poaceae), constituyéndose en uno de los varios motivos que ocasiona la deforestación de estos bosques (p.e. en las sabanas de Apolo). Mientras que en el bosque seco, las comunidades prefieren el uso del yuraj vitaca o cuchi (*Astronium urunndeuva*), la resina (*Myroxylon balsamum*), el soto (*Schinopsis brasiliensis*) y el tajibo (*Tabebuia ochraceae*) por su durabilidad destinado para postes de viviendas, alambrados y corrales. Por el contrario, otras especies son usadas para el armazón general de las viviendas y tijeras utilizando con preferencia al sipico (*Oxandra espintana*), chuchío (*Gynerium sagittatum*) y mocomoco o cuse (*Casearia gossypiosperma*), pero se observaron también algunos armazones de casas de nucala (*Aspidosperma cylindrocarpon*), mani (*Sweetia fruticosa*), sierra willca (*Piptadenia gonoacantha*) y de willca (*Anadenanthera culubrina*).

En los bosques húmedos o nublados prefieren utilizar especies que tienen duramen con alto contenido de tanino (corazón duro) como nogal (*Juglans boliviana*), coloradillo (*Licania spp.*), nui (*Pseudolmedia laevis*), helechos arbóreos como el topollo (*Alsophila cuspidata*), la yana (*Cyathea spp.*), trompillo caspi (*Guarea spp.*), pinos (*Podocarpus ingensis, P. oleifolius* y *P. rusbyi* y *Prumnopitys harmsiana*) y aicha aicha (*Alchornea triplinervia, Alchornea glandulosa*), entre otras (Figura 4).

Las especies con fines maderables citadas en las tablas 1 y tabla 2 también son aptas para la construcción; la ITTO (1996) e INIA-ITTO (1996) sugieren su uso para la construcción de puentes, estacas, postes, barandas, pilares, vigas y armazones de casas o viviendas en general.

Especies no maderables con potencial de aprovechamiento

Las plantas no maderables han sido y son recursos importantes para los habitantes locales de los Yungas debido a su amplia variedad de usos que van desde aceites, fibras, alimentos, bebidas, látex, medicinas, toxinas y tintes, entre otros. Las plantas no maderables contribuyen al incremento del valor económico de los bosques naturales y en especial de los bosques montanos, ya que las condiciones de fragilidad ante disturbios generados por los humanos y susceptibilidad al deterioro de sus estructuras tras la ocurrencia de intervenciones determinan elevados costos y su improducividad. Por ejemplo Paniagua (2005) releva el uso de 22 especies de palmeras útiles en Madidi, representando el 45% de la diversidad encontrada. Aquí hacemos mención a aquellas especies productoras de frutas y/o alimentos, medicinas naturales, resinas y sustancias esenciales y especies con potencial ornamental.

Especies frutales y alimenticias

Los frutos silvestres y en menor proporción otras partes comestibles de las plantas son muy apetecidos por los pobladores rurales y son un elemento importante dentro de la dieta

Tabla 3: Especies con potencial carbonífero y leñero en bosques secos andinos de Madidi (basado en observaciones personales y en Ruiz 2001) ordenadas alfabéticamente según familias.

Especies	Familia	Nombre común
Astronium urundeuva	Anacardiaceae	Vitaca
Aspidosperma cylindrocarpon	Apocynaceae	Ayathullo
Tabebuia ochracea	Bignoniaceae	Lulo o tajibo
Cordia alliodora	Boraginaceae	Yana palo santo
Maytenus cardenasii	Celastraceae	Aicha kaspi
Terminalia triflora	Combretaceae	Combretacea
Acacia loretensis	Fabaceae	Kichkauchichi
Acacia paniculata	Fabaceae	Mora willca
Acacia polyphylla	Fabaceae	Ithapallo
Acacia tenuifolia	Fabaceae	Jiska willca
Acacia tucumanensis	Fabaceae	Sierra willca mora
Anadenanthera colubrina	Fabaceae	Wilca
Copaifera reticulata	Fabaceae	Copaibo
Dalbergia frutescens	Fabaceae	Liana savia roja
Holocalyx balansae	Fabaceae	Jacaranda
Machaerium pilosum	Fabaceae	Chiuchi
Machaerium scleroxylon	Fabaceae	Caraguayabon
Myroxylon balsamum	Fabaceae	Falso resina
Piptadenia buchtienii	Fabaceae	Moraochichi
Piptadenia excelsa	Fabaceae	Llusta uchichi
Piptadenia gonoacantha	Fabaceae	Arbol sierra willka
Piptadenia peruviana	Fabaceae	Kichka morauchichi
Piptadenia viridiflora	Fabaceae	Llana kisca
Phyllostylon rhamnoides	Ulmaceae	Chaqui caspi
Sweetia fruticosa	Fabaceae	Granadillo
Casearia gossypiosperma	Flacourtiaceae	Aya tulla
Xylosma velutina	Flacourtiaceae	Diablo kisca
Trichilia claussenii	Malpighiaceae	Toru kunka
Trichilia catigua	Meliaceae	Pata de capiguara
Trichilia elegans	Meliaceae	Aceituna
Trichilia pleeana	Meliaceae	Motoyubi
Aulomyrcia leucadendron	Myrtaceae	Pichana
Blepharocalyx sp.	Myrtaceae	Kellu pichana
Myrcia fallax	Myrtaceae	Pichana
Myrcia paivae	Myrtaceae	Pichana
Myrcia splendens	Myrtaceae	Ichu pichana
Myrcianthes mato	Myrtaceae	Pichana (hoja menuda)
Myrcianthes pseudomato	Myrtaceae	Guayabón
Myrcianthes pungens	Myrtaceae	Vilunto
Myrciaria floribunda	Myrtaceae	Guayaba
Myrciaria tenella	Myrtaceae	Caraguayabón
Agonandra excelsa	Opiliaceae	Asna caspi
Coccoloba cordata	Polygonaceae	Coccoloba
Ruprechtia apetala	Polygonaceae	Achiote kaspi
Zanthoxylum fagara	Rutaceae	Chiuchi vitaca
Talisia esculenta'	Sapindaceae	Mutuyubi
Talisia hexaphylla	Sapindaceae	Mutu llove
Pouteria bangii	Sapotaceae	Kellu guayabo

Fig. 2: a). Techado con charo (*Gynerium sagittatum*); b). Armazón, divisiones y amarres de sipico (*Oxandra espintana*) y charo (Fotos: Proyecto Madidi LPB-MO).

Fig. 3: Techado con hojas de tola (*Dictyocaryum lamarkianum*). Foto: Proyecto Madidi LPB-MO.

de las comunidades. El aprovechamiento y comercialización de algunas de estas especies podrían generar recursos económicos para las comunidades. Los frutos son cosechados normalmente en un determinado periodo del año en función a la fenología de las especies y la actividad de recolección no se desarrolla de forma planificada, ya que la realizan durante la cacería de animales silvestres o en caminatas entre comunidades y pueblos. En el caso de los bosques montanos húmedos o nublados, las palmas son un grupo muy apreciado por sus frutos y cogollos comestibles entre las cuales se encuentran la tola (*Dictyocaryum lamarckianum*), el majo (*Oenocarpus bataua*), chini palmito (*Euterpe* spp.) y el ramo (*Ceroxylon vogelianum*); otros frutos que se utilizan como alimentos provienen de los árboles como el nogal (*Juglans boliviana*), los pacays (*Inga spp.*), el nui (*Pseudolmedia laevigata*), la manzana de monte (*Genipa americana*) y otros (Tabla 4).

Fig. 4: a) Iglesia de la comunidad Pata. b) Casa con techo de ichu, paredes de topollo y yana y amarres de fibras o corteza (Fotos: Proyecto Madidi LPB-MO).

En el caso del bosque montano seco, los frutos particularmente importantes para la alimentación son: chirimoya (*Rollinia emarginata*), achachairú (*Garcinia macrophylla, R. gardneriana*), jacojaco (*Hymenaea courbaril*), pacay (*Inga spp.*), bilunto (*Campomanesia aromatica*), pachío (*Passiflora spp.*), upia (*Maclura tinctoria*), motoyubi (*Trichilia pleeana y Talisia spp.*), caosillo (*Brosimum gaudichaudii*) y aguai (*Chrysophyllum gonocarpum*), entre otros (Tabla 5), encontrándose bien distribuidos y en gran abundancia.

Especies medicinales

Beck (datos no publicados) sostiene que especies de las Piperaceae (*Peperomia spp., Piper spp.*) producen aceites o resinas aromáticas que son utilizados como medicina. El *matico* (*Piper spp.*) por ejemplo es empleado para curar resfríos y gripes; el castillo chillca (*Hedyosmum racemosum*) también cura los gripes, pero también se emplea para tratamiento de enfermedades venéreas y como calmante de dolores menstruales; con *Duguetia spixiana* (Annonaceae) se tratan infecciones de escabies y hongos, el canelón (*Aniba canelilla*) baja la fiebre y es antidiarreico, el sipico (*Oxandra espintana*) y el chebuque (*Siparuna spp.*) funcionan como repelentes y el bilate (*Symphonia globulifera*) posee propiedades antimicrobianas.

Las palmeras tienen un valor importante en la medicina natural, la flor seca de la siyaya (*Chamaedorea angustisecta*) es utilizada para tratar la diarrea; con los frutos del asaí (*Euterpe precatoria*) que crece en los bosques montanos a altitudes menores se prepara una bebida nutritiva y vitamínica de la infusión de las hojas se prepara una bebida para tratar afecciones respiratorias y con las raíces se prepara infusiones para tratar las amebas; con los frutos del majo (*Oenocarpus bataua*) también se prepara bebidas nutritivas y vitamínicas (leche de majo), con la que se tratan personas en

Tabla 4: Especies frutales y/o comestibles del bosques montanos húmedos de Madidi (en base a observaciones personales y respaldada por consulta bibliográfica en Vásquez & Coimbra 2002, Vargas & Jordán. 2003 y Moraes 2004), organizadas de mayor a menor consumo.

Especies	Familia	Nombre común	Consumo
Astrocayum murumuru	Arecaceae	Chonta loro	Alto
Casearia arborea	Flacourtiaceae	Tres tapas	Medio
Bellucia spp.	Melastomataceae	Calvario	Bajo
Ficus spp.	Moraceae	Bibosi o matapalo	Bajo
Casearia nigricolor	Flacourtiaceae	Chipiriqui	Bajo
Cecropia polystachya	Cecropiaceae	Ambaibo	Bajo
Ceroxylon vogelianum	Arecaceae	Ramo (palmito)	Bajo
Clusia spp.	Clusiaceae	Huaturo	Bajo
Dictyocaryum lamarckianum	Arecaceae	Ramo o tola (palmito)	Bajo
Erythrina falcata	Fabaceae	Saipile (flores)	Bajo
Euterpe spp.	Arecaceae	Palmito	Medio
Genipa americana	Rubiaceae	Manzana de monte	Bajo
Guatteria phanerocampta	Annonaceae	Chirimoya de monte	Bajo
Inga spp.	Fabaceae	Pacay	Bajo
Juglans boliviana	Juglandaceae	Nogal	Bajo
Miconia spp.	Melastomataceae	Calvario	Bajo
Oenocarpus bataua	Arecaceae	Majo	Bajo
Passiflora spp.	Passifloraceae	Pachío	Bajo
Pouteria spp.	Sapotaceae	Lucuma	Bajo
Protium altsonii	Burseraceae	Copal	Bajo
Pseudolmedia laevigata	Moraceae	Mojto o nui	Bajo
Rollinia boliviana	Annonaceae	Chaja chirimoya	Bajo
Rollinia mucosa	Annonaceae	Chirimoya	Bajo
Rollinia williamsii	Annonaceae	Chirimoya	Bajo
Rubus spp.	Rosaceae	Zarzamora	Bajo
Saurauia peruviana	Actinidaceae		Bajo
Tetragastris altissima	Burseraceae	Yugua o isigo	Bajo

convalecencia y anémicas (Balslev & Moraes 1989, Vásquez & Coimbra 2002, Moraes 2004).

Acebey (2003) sostiene que las aráceas contienen niveles importantes de alcaloides, saponinas, polifenoles incluyendo flavonoides y compuestos cianógenicos lo que determina su acción coagulante y cicatrizante en heridas, así como afecciones de la piel, aliviando picaduras de serpientes, avispas y hormigas. Otras especies que son o fueron de mucha utilidad medicinal y que se encuentran en los bosques montanos del madidi son la quina o quinina (*Cinchona calisaya*), uña de gato (*Uncaria guianensis, U. tomentosa*), copaibo (*Copaifera reticulata*) y sangre de grado (*Croton lechleri*).

El árbol de la quina o quinina (*Cinchona calisaya*) actualmente es empleado para tratar la malaria o paludismo; el árbol de la sangre

de grada (*Croton lechleri*) es utilizada como cicatrizante de todo tipo de heridas y úlceras, así como antiviral; el copaibo (*Copaifera reticulata*) es cicatrizante, antiinflamatorio, antirreumático, antiséptico, antibacteriano, diurético expectorante, hipotensor, laxante y purgante. Según Plowden (2004a) el copaibo también puede ser utilizado con fines cosméticos, en la medicina en aplicaciones externa e interna y varios productos industriales. La uña de gato (*Uncaria guianensis, U. tomentosa*) tienen propiedades inmuno-estimulantes, además de tener efectos antivirales, antiinflamatorias y antileucémicos.

Especies productoras de resinas y sustancias esenciales

Las especies productoras de resinas y sustancias esenciales son ampliamente conocidas por sus propiedades curativas y su utilidad para el hombre (Hill 1952). En función a los productos que se obtienen se detallan a continuación:

Las resinas y sustancias esenciales de Madidi utilizadas en la medicina son: la quina o quinina (*Cinchona calisaya*), sangre de grada (*Croton lechleri*), el copaibo (*Copaifera reticulata*), bálsamo o resina (*Myroxylon balsamum*), jacojaco (*Hymenaea courbaril*), la uña de gato (*Uncaria guianensis U. tomentosa*) y el alcanfor (*Tetragastris panamensis*). Los inciensos (*Protium altsonii*, *Myrocarpus frondosus*, *Clusia* spec. nov.) y bálsamos (*Myroxylon balsamum, Hymenaea courbaril*) son utilizados para sahumeríos, fiestas y rituales religiosos de diferentes culturas; la goma o caucho *(Hevea brasiliensis*) que mediante la vulcanización del látex se obtuvo neumáticos y todo tipos de gomas, en la actualidad es utilizada en la industria de la aviación.

Otras especies concentran altos niveles de taninos como el curupaú o willca (*Anadenanthera colubrina*), el cuchi (*Astronium urundeuva*) y los uchichis *(Acacia* spp.) que pueden ser utilizados en la industria de las curtiembres. Además en los bosques montanos del Madidi están especies productoras de diferentes productos industriales como la brea con uso comercial (*Protium* spp.) en el calafateado de embarcaciones, chalupas y santarenes (Plowden 2004b).

Especies ornamentales

Árboles como el chepereque (*Jacaranda mimosifolia*), alcornoque (*Tabebuia aurea*), jacojacu (*Hymenaea courbaril*), tarumá (*Vitex cymosa*), gallito o saipili (*Erythrina* spp.) y palmeras como lime o sumuqué (*Syagrus sancona*), jatatas (Geonoma spp.), siyayas (*Chamaedorea spp.*) y otras especies son recursos potenciales para se utilizados en parques y jardines en poblaciones interandinas (p.e. Apolo, Guanay); la keñua (*Polylepis racemosa P. besserii*), las kiswaras (*Budleja* spp.), los mapacos (*Oreopanax* spp.) y el aliso (*Alnus acuminata*) para ser utilizados en poblaciones altoandinas (p.e. Pelechuco, Charazani). Finalmente, árboles con potencial ornamental como los pinos de monte (*Podocarpus rusbyi, P. oleifolius y Prumnopitys harmsiana*) son utilizados en otras regiones del país.

Otros grupos de plantas abundantes y diversos en los bosques secos con potencial ornamental son los cactus, orquídeas en los bosques montanos húmedos y bromelias en ambos tipos de bosque; también son ornamentales los helechos como el topollo (*Alsophila cuspidata*), yana macho (C*yathea* spp.) y la corona de inca (*Platycerium andinum*), entre otros.

Objetos personales o artesanías

Los trabajos artesanales realizados en los bosques montanos son muchos, pero son poco conocidos debido a una fuerte demanda de trabajos realizados por pueblos originarios de las tierras bajas. No obstante se puede mencionar algunas especies utilizadas destinadas al arte popular variado, que dependen de cada artesano. Las artesanías como

collares, manillas, anillos, bolsas, carteras, llaveros, aretes y otros son elaboradas en base a madera, corteza, bejucos, tintes naturales, tallos y semillas; en muchos casos son trabajadas junto al uso de cueros, huesos, barro y metal.

Otros productos artesanales elaborados de recursos forestales son las canastas, elaboradas con hojas de chuchío o charo (*Gynerium sagittatum),"*empleadas durante la cosecha o para guardar arroz, maíz y otros productos agrícolas. También se emplean las brácteas florales de la tola (*Dictyocaryum lamarckianum*) como recipientes de agua (Figura 5) o cazuelas. Asimismo se utiliza el mimbre (*Guadua* spp.) para elaborar cestas.

Entre las semillas de las especies empleadas con fines artesanales están el wayruro soltero (*Erythrina* spp*)*, asaí (*Euterpe* spp.), majo (*Oenocarpus bataua)*, wayruro (*Ormosia spp*.) y tola (*Dictyocaryum lamarckianum)* con los que se elaboran diversas joyas; en el caso particular de la semilla del manuno (*Hura crepitans)* por su tamaño y forma los artesanos tallan diferentes diseños como delfines y otros que dependen de la creatividad de los productores. Los bejucos o plantas trepadoras también han sido empleados como adornos rústicos ya sea en casas o en locales típicos. Entre los más empleados destacan la escalera del diablo (*Bauhinia* spp.*)* y diferentes especies de Bignoniaceae, que también son aprovechadas para amarar objetos.

Especies aprovechadas comercialmente en los bosques montanos del Madidi

En la actualidad se desconoce el uso de muchas especies que son beneficiosas para el hombre y que en algunos pueblos son de uso cotidiano. Tal es el caso de la extracción de la resina de incienso (*Clusia* sp. nov.) y copal (*Protium altsonii*), que tienen una gran demanda en mercados locales, nacionales e incluso a nivel internacional. Otras especies de alto consumo local son las palmeras (*Oenocarpus bataua, Dictyocaryum lamarckianum, Euterpe* spp., *Ceroxylon* spp.), que son utilizadas por ofrecer palmito o el cogollo comestible, además sus hojas se utilizan para la construcción o techado de casas o viviendas (ver en Borchsenius &

Fig. 5: Recipiente elaborado de brácteas de tola (*Dictyocaryum lamarkianum*). Foto: Proyecto Madidi LPB-MO.

Moraes en este volumen). Igualmente los bosques montanos registran otras especies como la quina o quinina (*Cinchona calisaya*) que en el siglo pasado fueron junto al caucho (*Hevea brasiliensis*) los productos forestales tropicales mas cotizados y requeridos a nivel mundial. Actualmente el copaibo (*Copaifera reticulata*), sangre de grado (*Croton lechleri*) y uña de gato (*Uncaria tomentosa, U. guianensis*) son comercializados como medicina natural. A continuación describimos los usos y la comercialización de algunas especies de bosques montanos que están siendo actualmente aprovechadas:

El incienso (*Clusia sp*., Clusiaceae): Crece en las cimas y laderas altas del bosque húmedo montano, alrededor de los 1.700–2.400 m de altitud. Actualmente, el incienso se utiliza con fines religiosos y festivos: P.e. para los sahumeríos, en la "ch'alla" de nuevas casas, oficinas, puestos de venta, para realizar pagos o "koas" a la Pachamama (o madre tierra), entre otros. En la actualidad, no se sabe con exactitud cuál es la mejor forma de extracción del incienso. Sin embargo, en ciertos árboles se encuentran secreciones naturales del tamaño de una vela derretida. Para obtener la resina de forma más rápida y abundante, los incienseros (gente que extrae el incienso) realizan cortes transversales hacia arriba en el fuste del árbol sin que se desprenda la corteza y en las ramas, sobre todo en aquellas que son más bajas y esperan hasta 6 meses en los mejores casos. Con los problemas de la delimitación de recursos comunales, se está ejerciendo una desordenada extracción, al realizar varios cortes en el mismo árbol lo que causa un daño mecánico en el árbol y genera la invasión de patógenos que puede a la larga significar altos costos ecológicos y económicos (Zenteno 2006).

En Apolo, que es el principal poblado de la región, el precio por kilogramo del incienso varía de Bs 36 a 50 (tasa de cambio: Bs 8/$US 1) y produce anualmente una cantidad aproximada de 660 quintales (1 quintal = 46 kilogramos) de incienso, que mayormente proviene de las poblaciones de Kurisa, Kauli, Yutico, Pata, Sarayoj, Asariamas, San Pedro, Waratumo (Terán 1997) y Pucasucho. Lo que económicamente equivale a Bs 1.452.000 libres de impuestos del Estado y patentes forestales por productos no maderables. En la ciudad de La Paz, el precio del kilogramo de incienso varía entre Bs 110 a 130 y se vende generalmente por cuarta libra (115 gramos) (Zenteno 2006). Pero la mayoría de los comerciantes locales vende el incienso por cucharadas o pequeños sobrecitos que va desde Bs 1-3. Es importante mencionar que los comercializadores y exportadores de este producto carecen de documentación legal, como los certificados forestales de origen exigidos por la Ley 1700.

– El copal: Otro producto forestal no maderable de mucha importancia en la región es el copal (*Protium altsonii*, Burseraceae), árbol que crece en las laderas y valles del bosque húmedo montano, alrededor de los 1.400-2.000 m de altitud. La resina se usa para encender fuego y para curar llagas en la piel, sin embargo también se la utiliza en sahumerios (para alejar a los malos espíritus). Los frutos son comestibles y muy consumidos por la fauna silvestre. En Apolo, el precio por kilogramo de copal varía de Bs 15 a 19 y la arroba de Bs 150 a 200. Debido al bajo precio y la distancia entre sitios productivos y donde se comercializa el producto, la gente local lo extrae y comercializa muy poco, siendo un recurso muy abundante. En la ciudad de La Paz, generalmente se venden pequeños trozos por Bs 1-5 (Zenteno 2006).

– El majo (*Oenocarpus bataua*, Arecaceae) es una palmera alta y maciza de tronco erecto de hasta 25 m., muy cotizada por tener un fruto comestible, una raíz medicinal y por albergar el gusano del tuyutuyu (Lepidoptera) que es de amplio uso medicinal y alimenticio; de la pulpa del fruto se preparan refrescos, helados y también se extrae aceite; y con las semillas se elaboran abono. La pulpa es un producto ya

industrializado y que se comercializa a nivel local y para exportación. Es una palmera abundante y frecuente en bosque montano húmedo inferior y bosque de llanura amazónica (170 a 1.300 m de altitud). Según Antezana (en prep.) los bosques subandinos pluviestacionales tienen una abundancia de 198 individuos de majo por hectárea.

– Otros: Durante la fiestas de Semana Santa es muy requerido la palma de ramo (*Ceroxylon* spp., Arecaceae) con una distribución entre 2.000-3.000 m. Sus hojas son tejidas en forma artesanal para luego ser vendidas en iglesias y mercados, los precios por 5-10 hojas se cotizan de 0.5-5 bolivianos. Finalmente en la región de Apolo se comercializa en pequeñas cantidades productos como aceite copaibo, uña de gato, sangre de grado y palmitos de tola de menor consumo.

Conclusiones

Como se ha visto en el presente documento, los habitantes de los Yungas del Madidi tienen acceso a una gran variedad de recursos como alimentos (carne de monte, frutos silvestres, palmitos), medicinas, combustibles, madera y material de construcción, los mismos que pueden ser valorados económicamente y comercializado. Mientras que el aprovechamiento comercial de los productos forestales en los bosques montanos del Madidi se restringe a dos especies el incienso y copal en forma constante y en que varias comunidades y familias dependen de este recurso. En cambio el aprovechamiento de especies maderables es relativamente fluido, el mismo que se hace de forma ilegal al igual que los productos no maderables, siendo comercializadas sin pagar patentes ni impuestos de ley.

Actualmente el manejo de los recursos forestales en los bosques montanos es desconocido y son pocas las especies con un alto beneficio económico como son el incienso y copal. Aunque el beneficio no sea en dinero, la utilización de los bosques resulta ser económica y socialmente atractiva, considerando que los beneficios son directos.

Finalmente cabe preguntarse, ¿si todos los recursos tendrían un valor económico y/o fueran aprovechados comercialmente, ayudaría esto a mejorar la situación actual de la conservación o pondría en peligro a la totalidad del recurso bosque? La gente local o personas ajenas podrían dedicarse a aprovechar los recursos, tal vez a niveles insostenibles. Planteamos que si el aprovechamiento se realiza imitando los procesos naturales que mantienen la estructura del recurso, entonces si se contribuiría a conservar estos bosques.

Agradecimientos

Agradecemos a Paola Gismondi quien nos colaboró en la redacción del presente trabajo y en la redacción en inglés del resumen.

Referencias

Acebey, A. 2003. Evaluación del potencial de las familias Araceae y Bromeliaceae como fuente de recurso no maderable en Bolivia. Tesis de MSc, Georg-August-Universitat, Göttingen. 159 p.

Antezana, A. (en prep.). Composición florística y estructura del bosque montano de Yungas de dos rangos altitudinales en el Area Natural de Manejo Integrado Apolobamba (La Paz-Bolivia). Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 96 p.

Balslev, H. & M. Moraes R. 1989. Sinopsis de las palmeras de Bolivia. AAU Reports 20: 1 107.

Beck, S. (Datos no publicados). Flora de Bolivia-Utilidades fotoquímicas. Herbario Nacional de Bolivia, La Paz. 9 p.

Churchill, S.P., H. Baslev, E. Forero & J.L. Luteyn. 1995. Introduction. Pp. xi. En: Churchill, S.P.; H. Baslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. The New York Botanical Garden, Bronx, Nueva York.

Fuentes, A. 2005. Una introducción a la vegetación del Madidi. Ecología en Bolivia 40(3):1-31.

García, E., F.S. Zenteno-Ruiz, S.G. Beck & N. Nagashiro. 2002. Identificación y caracterización de especies de uso forestal del Área Natural de Manejo Integrado de Apolobamba. Estudio de usos y potencialidades para un manejo racional de recursos vegetales. Agencia Española de Cooperación Internacional, La Paz. 59 p.

Hill, A.F. 1952. Economic botany. A testbook of useful plants and plant products. Second edition, McGraw-Hill, Nueva York. 560 p.

ITTO (Organización internacional de Maderas Tropicales). 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. Cámara Nacional Forestal, Lima. 240 p.

INIA-ITTO (Instituto Nacional de Investigación Agraria - Organización internacional de Maderas Tropicales). 1996. Manual de Identificación de especies forestales de la subregión andina. Lima. 489 p.

Kessler, M. & S.G. Beck. 2001. Bolivia. Pp. 581–622 En: Kappelle, M. & A.D. Brown (eds.) Bosques Nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad, InBio, Santo Domingo de Heredia.

Killeen, T., E. García & S. Beck. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden. Editorial Quipus SRL, La Paz. 958 p.

Mesa, J., T. Gisbert & C. Mesa. 1999. Historia de Bolivia. Editorial Gisbert, La Paz. 906 p.

Moraes R., M. 2004. Flora de palmeras de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 251 p.

Müller, R., S.G. Beck & R. Lara. 2002. Vegetación potencial de los bosques de Yungas en Bolivia, basado en datos climáticos. Ecología en Bolivia 37: 5-14.

Paniagua-Z., N. Y. 2005. Diversidad, densidad, distribución y uso de las palmas en la región de Madidi, noreste del departamento de La Paz (Bolivia). Ecología en Bolivia 40(3): 265-280.

Plowden, C. 2004a. Copaiba (*Copaifera* spp.). Pp. 140–149 En: Shanley, P., A. Pierce, S. Laird & A. Guillén (eds.). Explotando el Mercado Verde. Certificación y Manejo de Productos Forestales no Maderables. WWF, Pueblo y plantas, UNESCO, Royal Botanic Gardens, Kew.

Plowden, C. 2004b. Resina de la brea (*Protium spp.*). Pp. 125–129 En: Shanley, P., A. Pierce, S. Laird & A. Guillén (eds.). Explotando el Mercado Verde. Certificación y Manejo de Productos Forestales no Maderables. WWF, Pueblo y Plantas, UNESCO, Royal Botanic Gardens, Kew.

Stadtmüller, T. 1987. Los bosques nublados en el trópico húmedo. Una revisión bibliográfica. Universidad de las Naciones Unidas ONU, Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza, Turrialba. 85 p.

Superintendencia Forestal. 1998. Informe anual gestión 1997. Santa Cruz. 72 p.

Superintendencia Forestal. 1999. Informe anual gestión 1998. Santa Cruz. 89 p.

Superintendencia Forestal. 2000. Informe anual gestión 1999. Santa Cruz. 43 p.

Superintendencia Forestal. 2001. Informe anual gestión 2000. Santa Cruz. 119 p.

Superintendencia Forestal. 2002. Informe anual gestión 2001. Santa Cruz. 144 p.

Superintendencia Forestal. 2003. Informe anual gestión 2002. Santa Cruz. 70 p.

Ruiz, C. A. 2001. Estudio de casos sobre combustibles forestales de Bolivia. FAO. Santiago. 42 p.

Terán, R. 1997. Caracterización del agrosistema y del manejo de recursos naturales desconocimiento indígena tradicional en la comunidad de Waratumo (La Paz - Bolivia), Tesis M.Sc. en Ecología y Conservación, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 146 p.

Vasquez, R. & G. Coimbra. 2002. Frutos silvestres comestibles de Santa Cruz. Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz. 265 p.

Vargas, I. G. & C. G. Jordán. 2003. Principales plantas útiles del bajo Paraguá. Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz. 185 p.

Zenteno, F.S. 2006. Caracterización de algunos parámetros botánicos, ecológicos y económicos del aprovechamiento del incienso (*Clusia* sp. nov., Clusiaceae) en los bosques montanos del Parque Nacional Madidi, Bolivia. Ecología en Bolivia 41(2).

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 162-187.

Bosques secos en Ecuador y su diversidad

Zhofre Aguirre M.[1], Lars Peter Kvist[2] & Orlando Sánchez T.[1]

[1]Herbario LOJA, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
email: herbario@unl.edu.ec
[2]Instituto de Biología, Universidad de Aarhus, Ny Munkegade 1540, 8000 Aarhus C., Dinamarca
email: lars.kvist@biology.au.dk

Abstract

On the basis of field study and bibliography the dry forest formations of Ecuador are described and their woody species (attaining at least 3 m) are listed. Seven main formations are recognized: 1) dry spiny matorral, 2) deciduous dry forest, 3), semideciduous dry forest, 4) dry slope forest, 5) southern dry interandine forest, 6) eastern dry interandine forest, and 7) northern dry interandine forest. From these forests we recognized 275 woody species and for each species are indicated the formations they grow in and the provinces they are found in, and Sørensen indices of similarity were calculated. The forests of the coastal plain (Guayas, Manabí) resemble the southern lowland forests (Loja, El Oro) and the forest formations of the coastal plain and especially the deciduous and semideciduous forests are also similar. Similarly, the forest formations of the sierra resemble each other; particularly the slope interandine forests and the northern and southern interandine forests, however the eastern interandine dry forest is distinct. The Leguminosae dominate the dry forest with a total of 69 species or 25% of the woody species, and the following families are the Euphorbiaceae (12), Bignoniaceae (11), Cactaceae (11), Boraginaceae (10), Bombacaceae, Capparidaceae, and Verbenaceae (8). On the other hand, half of the families and 90% of the genera are represented by only one or two woody species in the dry forests of Ecuador. Currently, they hardly exists any intact extensions of semideciduous dry forest, as well as the three interandine dry forest formations.

Key words: Vegetation formations, Dry forest, Distribution, Woody species, Ecuador.

Resumen

En base a trabajos de campo y revisiones bibliográficas se describe las formaciones de bosques secos del Ecuador y se listan las especies de árboles y arbustos que crecen en estos bosques (a partir de 3 m de altura). Se reconocen siete formaciones principales de bosques secos: 1) Matorral seco espinoso, 2) bosque seco deciduo, 3) bosque seco semideciduo, 4) bosque seco montano bajo, 5) bosque seco interandino del sur, 6) bosque seco interandino oriental y 7) bosque seco interandino del norte. Desde los bosques secos se registran 275 especies de árboles y arbustos; para cada especie se indica a qué formación de bosque seco corresponde y en cuáles provincias del Ecuador se encuentra, también se calculó el índice de similitud florística d Sørensen. En la costa, los bosques del litoral (Guayas, Manabí) son parecidos a los bosques de tierras bajas del sur (Loja, El Oro) y las formaciones boscosas de la costa también son parecidas, en particular a los bosques secos deciduos y los bosques secos semideciduos. Igualmente las formaciones boscosas de la sierra son parecidas; especialmente los bosques montanos bajos y los bosques secos interandinos del sur y del norte. Sin embargo, el bosque seco interandino oriental es distinto. Las Leguminosae dominan los bosques secos totalizando 69 especies (= 25% de las especies leñosas), luego le siguen Euphorbiaceae (12), Bignoniaceae (11), Cactaceae (11), Boraginaceae (10), Bombacaceae, Capparidaceae y Verbenaceae (8). Por otro lado, la mitad de las familias y el 90% de los géneros están representados con una o dos especies leñosas en los bosques secos del Ecuador. Actualmente casi no quedan extensiones intactas del bosque seco semideciduo ni las tres formaciones de bosque seco interandino.

Palabras clave: Formaciones vegetales, Bosque seco, Distribución, Especies leñosas, Ecuador.

Introducción

Los bosques secos en general están ubicados en zonas relativamente pobladas, muchas veces en suelos aptos para cultivos y por tal razón han sido muy intervenidos y destruidos mucho más que los bosques húmedos (Janzen 1988). La situación no es diferente en Ecuador; sus bosques secos son poco conocidos, muy amenazados y mantienen una importancia económica para grandes segmentos de la población rural, suministrando productos maderables y no maderables para subsistencia y a veces para la venta. Para conocer y documentar la importancia de los bosques secos, en el año 2004 se inició un estudio sobre la diversidad y usos en particular de los árboles y arbustos de los bosques secos en el sur-occidental de Ecuador. Sánchez *et al.* (en este volumen) presentan resultados etnobotánicos de este estudio y la presente contribución se enfoca a dar datos referentes a las formaciones de bosques secos y a la diversidad y distribución de las especies leñosas. Específicamente en este estudio se presenta una lista de árboles y arbustos actualmente conocidos de los bosques secos de Ecuador (menos Galápagos), que incluyen las formaciones de las partes bajas, bosques secos montanos bajos y los valles secos interandinos del sur, norte e incluso de la parte oriental. Se analiza la diversidad de especies y familias a nivel de formaciones de bosques secos y nivel geográfico, así como se discute sobre las familias y géneros más importantes. Finalmente, se analiza los vacíos de conocimiento existentes para la vegetación seca de Ecuador, tanto en lo referente a zonas poco estudiadas y a géneros donde las especies presentes en los bosques secos todavía son poco conocidas.

Caracterización y distribución de los bosques secos

Los bosques secos son definidos como las formaciones vegetales donde la precipitación anual es menor a 1.600 mm con una temporada seca de al menos cinco a seis meses, en que la precipitación totaliza menos de 100 mm (Pennington *et al.* 2000a). Consecuentemente, los procesos ecológicos son marcadamente estacionales y la productividad primaria neta es menor que en los bosques húmedos, porque sólo se da en la temporada de lluvias. Estos bosques además son de menor altura y área basal que los bosques tropicales húmedos (Moony *et al.* 1995, Linares-Palomino 2004a, 2004b). Hasta hace poco existía una confusión entre bosques secos y sabanas, por ejemplo Harling (1979) definió a la vegetación dominante en el sur-occidente del Ecuador como sabana. Sin embargo, sabanas son formaciones adaptadas a incendios periódicos y tienen - al contrario de los bosques secos - un componente importante de gramíneas además que muchas especies leñosas tienen hojas xerofíticas y a menudo son siempreverdes. Las sabanas se desarrollan sobre suelos más pobres que los bosques secos (Pennington *et al.* 2000).

Como indica Linares-Palomino (2004a), la distribución de los bosques secos de América Latina se da en dos bloques principales, el primero ubicado al norte en México, Centro América y las Islas del Caribe y el segundo, al sur en Brasil, Paraguay y Bolivia. Más cerca de la línea ecuatorial, los bosques secos están limitados en manchas aisladas en la parte occidental del continente, más precisamente en la margen de extensos bosques húmedos de la cuenca amazónica. Aquí se pueden distinguir cuatro áreas principales de bosques secos: 1) La costa caribeña de Venezuela y Colombia, 2) La costa (sur-occidental) de Ecuador y (norte-occidental) de Perú, 3) Valles interandinos aislados en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y 4) Al oriente de la cordillera andina en una área relativamente pequeña en el departamento de San Martín de Perú. Investigadores como Sarmiento (1975), Prado & Gibbs (1993), Gentry (1995), Prado (2000), Pennington *et al.* (2000, 2004a, b), Linares-Palomino *et al.* (2003), Linares-Palomino 2004b) han analizado la distribución

de las especies leñosas en bosques secos a nivel continental. El presente documento no pretende analizar los datos de Ecuador en este contexto.

Los bosques secos del Ecuador

En el país, los bosques secos se encuentran continuos en la costa y aislados en los valles secos en el callejón interandino (Figura 1). Los bosques de la costa forman parte de la región tumbesina, que aproximadamente abarca 135.000 km^2, compartidos entre Ecuador y Perú, desde la provincia de Esmeraldas en el norte del Ecuador hasta el departamento de La Libertad en el NW de Perú (en áreas entre 0-2.000 m y a veces hasta 3.000 m, que incluyen bosques secos, bosques húmedos, matorrales, desiertos, manglares y páramos). Es un área conocida por su alto nivel de endemismo de especies de flora (Madsen *et al.* 2001), pero también de fauna: 55 aves y ocho mamíferos endémicos (Stattersfield *et al.* 1998). En el Ecuador los bosques secos tumbesinos originalmente cubrieron el 35% de la costa, pero actualmente la mayor parte ha desaparecido o se encuentran muy degradados (Aguirre en prep.). Algunos autores (Dinerstein *et al.* 1995, López 2002) separan a los bosques secos tumbesinos en dos áreas florísticas principales, básicamente divididos por el Golfo de Guayaquil. Al NW del mencionado Golfo se encuentra aproximadamente 22.771 km^2 en las provincias ecuatorianas de Guayas, Manabí y Esmeraldas (abarcando una estrecha faja a lo largo de la costa sur) y al SE más de 64.588 km^2 en las provincias ecuatorianas de El Oro y Loja, así como en los departamentos peruanos de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad. Esto corresponde con las subregiones central y sur de la vegetación costeña del Ecuador reconocido por Cerón *et al.* (1999).

Por otro lado, en el callejón interandino del Ecuador se encuentran bosques secos desde las provincias de Imbabura y Pichincha en el norte hasta Zamora-Chinchipe y Loja en el sur. Ejemplos de estos bosques son el Chota y Guayllabamba, entre las provincias de Imbabura y Pichincha, Girón-Paute entre las provincias de Azuay y Loja y Catamayo, Malacatos y Vilcabamba en Loja. Valencia *et al.* (1999) distinguen entre los valles interandinos del centro-norte y el sur (Loja). Al norte, los valles son más altos y en general se encuentran bosques secos entre 1.800 y 2.600 m de altitud. También son más aislados debido a que ambas faldas orientales y occidentales están cubiertas con bosques montanos muy húmedos. Al contrario, en el sur las faldas occidentales son relativamente más secas y las montañas más bajas, en que los bosques secos interandinos se encuentran desde los 1.300 m hacia arriba, lo que probablemente facilita un mayor intercambio entre bosques de la costa y los bosques interandinos. Entre Zamora y Chinchipe se encuentra una pequeña área (aproximadamente de 2.000 ha) de bosque seco en el extremo sur-oriental de Ecuador, al norte de Zumba. Esta área que tiene su drenaje hacia el río Mayo (afluente del río Marañón en Perú) es muy interesante florísticamente. El valle seco del río Marañón está caracterizado por la presencia de un bosque seco con especies endémicas (Linares-Palomino *et al.* 2003, Linares-Palomino, 2004b) y algunas de éstas aparentemente crecen en el bosque seco de Zumba.

Formaciones de bosques secos de Ecuador

Los factores climáticos y topográficos determinan la distribución de los bosques secos en Ecuador. Munday & Munday (1992) plantean una buena introducción al clima en el SW de Ecuador. Varios autores han definido y descrito a las formaciones de vegetación de Ecuador; algunos para todo el país (Harling 1979, Cañadas 1983, Sierra *et al.* 1999) y otras para el sur del país (Kessler 1992, Balslev & Øllgaard 2002). Lozano (2002) compara los trabajos anteriores y describe a la vegetación en las provincias del sur de Ecuador. Las

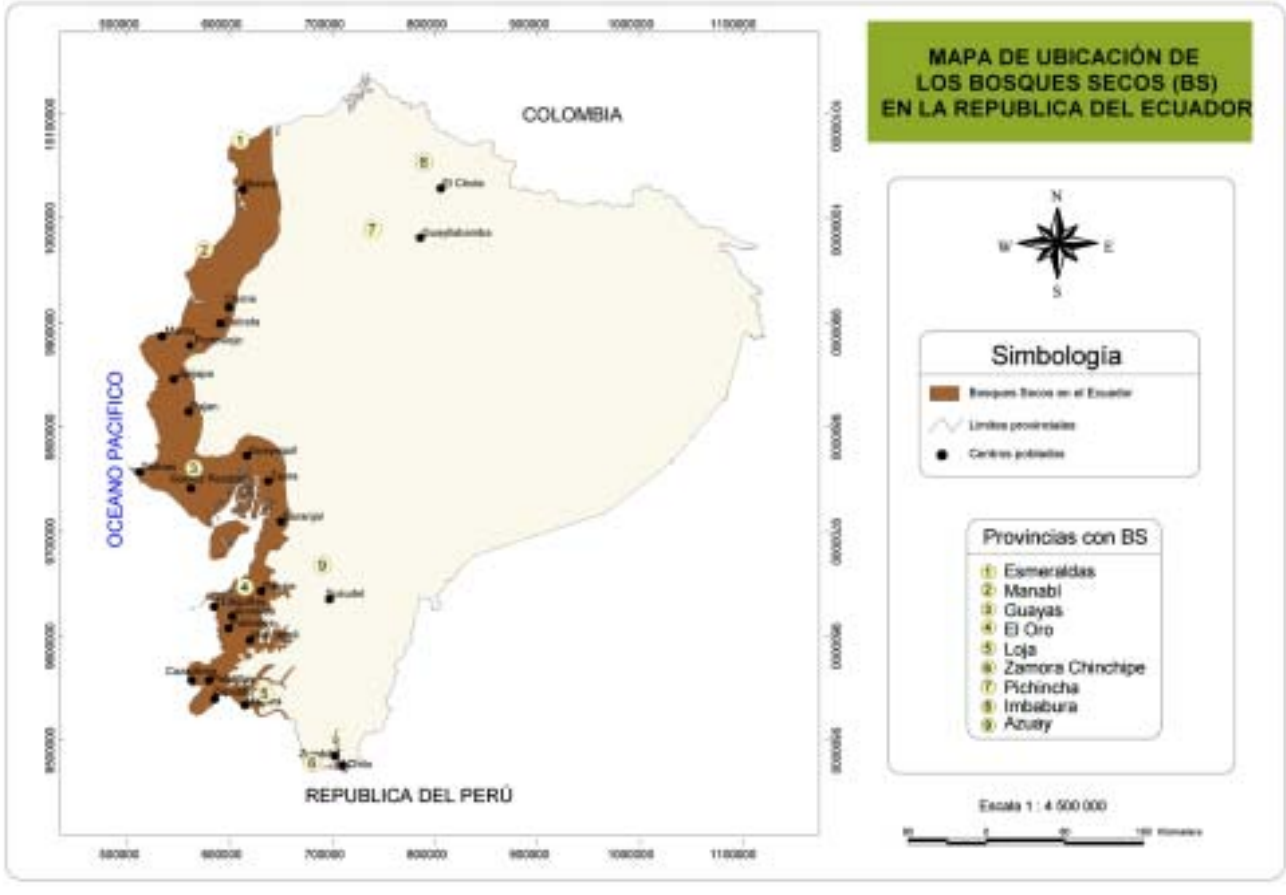


Fig. 1: Ubicación de los bosques secos de Ecuador. A lo largo de la costa los bosques son continuos, pero en el callejón interandino se ubican en valles dispersos, desde Imbabura hasta Cañar (bosque seco interandino del N), en Azuay y Loja (bosque seco interandino del S) y en Zamora a Chinchipe (bosque seco interandino oriental).

formaciones de bosques secos planteadas en el presente trabajo están basadas en el trabajo de Lozano (2002) con algunas modificaciones y extendiendo el análisis a todo el país. Se reconocen las siguientes siete unidades de bosques secos con sus abreviaciones aplicadas en tablas y mapas (se agrega en paréntesis la nomenclatura aplicada por Lozano 2002):

A continuación se presentan los nombres de unidades mencionadas en este trabajo y relacionadas con las propuestas por Lozano (2002, entre paréntesis:

1. Matorral seco espinoso - ms - (Matorral seco espinoso)
2. Bosque seco deciduo - de - (bosque muy seco occidental
3. Bosque seco semideciduo - sd - (bosque seco semideciduo)
4. Bosque seco montano bajo - sm - (bosque semideciduo montano bajo)
5. Bosque seco interandino del sur - i-s - (matorral & bosque seco montano)
6. Bosque seco interandino oriental - i-o - (bosque seco oriental)
7. Bosque seco interandino del norte - i-n - (no fue considerado)

Existen ciertas diferencias entre las formaciones considerados en el presente trabajo y las de Lozano (2002). Los bosques secos montanos bajos (número 4) se definen en una franja más estrecha, excluyendo a formaciones premontanas húmedas y caracterizadas por especies distribuidas en los bosques montanos húmedos. Además, el bosque seco interandino del sur (número 5) abarca el matorral seco montano y el bosque seco montano de Lozano (2002). Se combinan ambas propuestas, considerando que muchos matorrales interandinos pueden representar al bosque interandino altamente intervenido y degradado. Se puede considerar a la presente sistematización de las formaciones de bosques secos de Ecuador como muy generalizada, ya que dentro de las formaciones principales existen subformaciones o comunidades vegetales. Sin embargo, para levantar la distribución de las especies es conveniente basarse en formaciones amplias.

A continuación se presenta una breve descripción de las mencionadas siete formaciones de bosques secos. No se incluyen muchos nombres de especies, considerando que éstas pueden consultarse en las listas de especies representativas/dominantes dadas por Lozano (2002):

1. Matorral seco espinoso (ms)

Ocurre en el sur-occidente del país en las partes más secas y cálidas en general, cerca y a menudo continuas al Océano Pacífico (o los manglares) y casi todas las especies pierden sus hojas durante la estación seca. Se distribuye en las provincias de Guayas, Manabí, El Oro y Loja, entre 0 y 200 m en terrenos con pocas colinas. Sin embargo, localmente en Loja se encuentra esta formación hasta los 1.000 m en áreas con fuertes pendientes (aunque tal vez como consecuencia de la degradación de la formación original). La vegetación no es muy alta (5-15 m), xerofítica, espinosa, achaparrada con presencia de cactus columnares, con arbustos de los géneros *Capparis*, *Croton* y *Euphorbia*, así como árboles aislados, en particular de la familia Mimosaceae.

2. Bosque seco deciduo (de)

Esta formación anteriormente dominaba a la planicie cálida de la costa, desde el nivel del mar hasta unos 700 m de altitud. Por lo menos el 75% de las especies pierde sus hojas durante la estación seca. El bosque seco deciduo es el famoso bosque de ceiba o ceibo, que caracteriza a grandes zonas de las provincias de Manabí, Guayas, El Oro y Loja; está dominado por *Ceiba trichistandra* y otras Bombacaceae. Otro elemento florístico importante y conspicuo es *Tabebuia chrysantha*. El estrato superior puede

tener entre 25 y 30 m y el estrato intermedio con 10-15 m de altura. Actualmente estos bosques son caracterizados por presentar diferentes grados de intervención antropogénica. Las mejores muestras conservadas de esta formación se encuentran en los cantones de Macará y Zapatillo en el sur-occidental de Loja (Neill 2000 y nuestras observaciones en campo).

3. Bosque seco semideciduo (sd)

Esta formación se presenta entre 200 y 1.100 m en zonas de colinas, donde existe mayor humedad (por la existencia de pendientes) que los bosques deciduos. Se estima que en la temporada seca, entre 25-75% de los elementos florísticos pierde sus hojas. En Loja este tipo de vegetación se desarrolla mejor entre 400 y 600 m, pero llega hasta 1.100 m. También existe en terrenos de colinas de El Oro y en las cordilleras de Churute y Chongón-Colonche, ubicados en Guayas y Manabí. El estrato superior alcanza aproximadamente hasta los 20 m de altura y algunos elementos importantes y característicos son: *Centrolobium ochroxylum*, *Phytolacca dioca*, *Triplaris cumingiana*, *Cochlospermum vitifolium* y *Gallesia integrifolia*. Debido a la mayor humedad, la intervención antrópica ha sido mayor que en la formación anterior. Estos bosques han sido reemplazados con cultivos o pastos y lo que queda varía entre intervenido a muy intervenido.

4. Bosque seco montano bajo (sm)

Se ubica y desarrolla en lugares escarpados y con colinas entre 900 hasta 1.600 m. A estas altitudes la neblina provoca precipitaciones horizontales incluso durante la estación seca, por ello más del 50% de los elementos florísticos puede mantener su follaje y se encuentra una mezcla de elementos tropicales secos y elementos florísticos pedemontanos. Estos bosques se localizan en las estribaciones occidentales de los Andes, inmediatamente por encima de la formación anterior; en particular en las provincias de Loja y El Oro. La cordillera costeña en Manabí y Guayas puede ser demasiado baja para contener esta vegetación (y demasiado húmeda en sus partes altas). Algunas especies características son: *Fulcaldea laurifolia*, *Chionanthus pubescens*, *Annona cherimolia*, *Tecoma stans*, *Jacaranda sparrei* y *Cordia alliodora*. Todavía existen algunos remanentes relativamente bien conservados de estas formaciones, en particular en los bosques secos montanos bajos.

5. Bosque seco interandino del S (i-s)

Se ubica en los valles interandinos entre 1.100 y 2.000 m. Aquí la intervención antrópica ha sido muy fuerte desde tiempos precolombinos y actualmente la vegetación es un tipo matorral achaparrado, en ocasiones muy enmarañada y es una mezcla de plantas armadas de espinas y especies que poseen látex, alcanzando alturas máximas de 3-4 m. En las hondonadas, debido a la profundidad del suelo y a la humedad, se desarrollan bosquetes de *Acacia macracantha*, *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba insignis* y *Cybistax antisyphilitica*, donde el dosel superior puede alcanzar hasta los 12 m, también son sobresalientes *Echinopsis pachanoi* y *Dodonaea viscosa*. Esta formación se localiza en los valles de Loja (Catamayo, Vilcabamba, Malacatos, Quinara) hasta el sur de la provincia del Azuay (Susudel-río León, valle Yunguilla-Jubones).

6. Bosque seco interandino oriental (i-o)

Ubicado en el valle del río Mayo en la cabecera norte del río Marañón, estos bosques secos están limitados a un rango entre aproximadamente 800 y 1.200 m y solo constituyen unas 2.000 ha. Aunque la fuerte intervención antrópica es reciente, la vegetación nativa ha sido convertida casi totalmente a cultivos y pastos, solo dejando algunos matorrales y bosques abiertos en pendientes y a lo largo de ríos. Sin embargo, se puede comprobar que el valle tiene una vegetación distinta, donde sobresalen especies

como: *Anadenanthera colubrina*, *Cybistax antisyphilitica*, *Tabebuia chrysantha* y *Hura crepitans*. También se encuentran varias especies normalmente restringidas a bosques más húmedos y dada la deforestación casi completa, será difícil comprobar cuál de estos elementos florísticos realmente estaban o están adaptados a condiciones secas y cuáles son restringidas a vegetación ribereña más húmeda.

7. Bosque seco interandino del N (i-n)

Está ubicado en valles secos interandinos entre 1.800 y 2.600 m desde Imbabura en el Norte hasta Azuay en el sur. Se pueden destacar los valles de Chota (Imbabura), Guayllabamba (Pichincha), Patate (Tungurahua) y Chancan (Chimborazo). La influencia antrópica ha sido fuerte desde tiempos inmemorables y la vegetación es arbustiva, espinosa, xerofítica, poco densa y con alturas de hasta 4 m, pero en algunos lugares protegidos o de difícil acceso se encuentra un bosque mejor desarrollado, con un dosel de hasta 8 m de altura. Sin embargo, la diversidad de especies arbóreas es baja. Las familias Fabaceae y Mimosaceae dominan y las especies características son: *Acacia macracantha*, *Croton wagneri*, *Caesalpinia spinosa*, *Dodonaea viscosa* y *Schinus molle*.

Métodos

El primer autor del artículo tiene años de experiencia trabajando en los bosques secos en el sur del Ecuador. Observaciones de campo y datos presentados en publicaciones e informes locales (Proyecto Bosque Seco 1998, Aguirre *et al.* 2000, 2001, Herbario Loja 2001, 2003, Cabrera *et al.* 2002, Aguirre & Delgado 2005) sirvieron como punto de partida de la presente recopilación y sistematización de las especies de los bosques secos de Ecuador. Luego se revisaron publicaciones que presentan datos de la composición florística de los bosques secos en otras partes de Ecuador (Parker *et al.* 1992, Cerón 1993, 1994, 1996, 2002, Josse & Balslev 1994, Hernández & Josse 1997, Josse 1997, Nuñez 1997, Klitgaard *et al.* 1999, Madsen *et al.* 2001), tanto como desde bosques secos aledaños de Perú (Linares-Palomino 2004b, Linares-Palomino & Ponce 2005). Se utilizaron los datos de estas fuentes e identificaron las especies adicionales, mediante consultas en el "Catalogue of the vascular plants of Ecuador" (Jørgensen & León-Yánez 1999), incluyendo su adendum que abarca los años 2000-2004 (Ulloa & Neill 2005) y el libro rojo de las plantas endémicas de Ecuador (Valencia *et al.* 2000). La revisión bibliográfica fue complementada revisando las colecciones en el herbario de Loja (LOJA) y en Quito (QCA); también se realizaron salidas de campo, en particular a los remantes de bosques secos en los valles de Loja y el valle de Zumba en Zamora-Chinchipe.

Para evaluar la similitud de la composición florística entre las formaciones vegetales y entre las regiones geográficas, se calculó el índice de similitud de Sørensen ($Ks = 2c/(a + b)$, donde c son las especies comunes entre dos comunidades/zonas; a y b son los totales de especies presentes en estas dos comunidades/zonas) (Sørensen 1948).

Resultados

En el anexo 1 se encuentran alfabéticamente ordenadas según familias y especies, los árboles y arbustos que crecen en los bosques secos del Ecuador (en el anexo 2 se listan los nombres científicos con autores y familias en orden alfabético). En las siguientes columnas aparecen marcadas para cada especie las formaciones de bosques secos en que se encuentra; las provincias de la costa donde ha sido registrada y si también crece en bosques húmedos de la costa, sierra o Amazonía. Además, se dan datos de altura de cada especie y su rango altitudinal; se indica si las especies son endémicas (En), introducidas y posteriormente naturalizadas (In) o nativa y también domesticada y cultivada (Do). Al inicio del anexo 1, aparece el número

de especies registradas en las formaciones vegetales y unidades geográficas. Se registraron 275 especies en los bosques secos del Ecuador y las formaciones con mayor número de especies son el bosque seco semideciduo (148) y el bosque seco deciduo (139), mientras que las provincias con más especies son Loja (219) y Guayas (169).

Muchas especies son compartidas entre las formaciones de bosques secos y entre las provincias de Ecuador (algunas también crecen en bosques húmedos). En la tabla 1 se presentan los valores del índice de similitud de Sørensen (Ks) entre las siete formaciones de vegetación seca y en la tabla 2 se muestran los valores correspondientes a la comparación de las seis provincias con bosque seco, además las zonas húmedas del Ecuador (como una sola región). Los bosques secos deciduo y semideciduo son los más parecidos florísticamente, demostrando un índice de similitud del 80% (Tabla 1), mientras en lo referente a las provincias, las más parecidas son Guayas y Manabí con 78% (Tabla 2).

En la tabla 3 se listan las 15 familias con mayor número de especies en los bosque secos del Ecuador, junto al porcentaje que representan en cada familia sobre el total de especies (275). Además aparece el número de géneros que tiene cada una de las familias de los bosques secos y finalmente una lista de los 15 géneros con más especies. Se puede notar que las leguminosas (Mimosaceae, Caesalpinaceae, Fabaceae) representan a las tres familias más numerosas, totalizando 69 especies lo que corresponde al 25% de las especies leñosas en los bosques secos del Ecuador. Como tal, no sorprende que entre los 15 géneros con más especies figuran: *Senna*, *Mimosa*, *Acacia*, *Inga*, *Bauhinia* y *Caesalpinia*.

La tabla 4 muestra el número de familias y géneros, representados con sus números de especies en los bosques secos. Algunas familias/géneros (ver tabla 3) tienen muchas/varias especies, pero también muchas tienen pocas especies; así: 21 familias (33%) y 130 géneros (77%) están representados con una sola especie en los bosques secos de Ecuador.

Discusión

Limitaciones y problemas referentes a la elaboración de la lista

El presente trabajo se ha consolidado en una lista de los árboles y arbustos de los bosques secos del Ecuador que se presenta en el anexo 1. Se reportan 275 especies de árboles y arbustos (incluyendo ocho que son naturalizadas). Al elaborar la lista se enfrentaron tres problemas principales: El primero fue la definición de los arbustos (pequeños) que entran en la lista. Se decidió incluir especies que alcanzan un mínimo de 3 m de altura y se excluyeron a los subarbustos (basándose en Jørgensen & León-Yánez 1999), siendo el criterio final el que sean plantas leñosas. Sin embargo, para algunas especies que no fueron vistas en el campo es difícil decidir si se las considera o no, p.e. varias especies de *Byttneria*. El segundo es que la taxonomía de algunos géneros que crecen en los bosques secos de Ecuador es poco entendida. En el caso de géneros como *Ampelocera*, *Aspidosperma* y *Randia* (indicados como sp.), es muy posible que se encuentre más de una especie en la costa de Ecuador. De *Clerodendron* y *Zanthoxylum* han sido descritas otras especies más que las que aparecen en la lista, pero no es seguro si se trata de nombres sinónimos; y algunas especies probablemente no han sido descritas todavía, p.e. las especies de *Citronella* y *Salacia* pueden ser nuevas para la ciencia. Y el tercero se refiere a la diferenciación y delimitación de los bosques secos de formaciones más húmedas, p.e. Gentry (1995) en su muestreo de bosques secos neotropicales incluye al bosque de Jauneche ubicado en la provincia de Los Ríos (ver Dodson *et al.* 1985). Sin embargo, según Pennington *et al.* (2000) el bosque de ese lugar es húmedo (precipitación anual 1.800 mm) y Kvist *et al.* (2005) lo caracterizan como bosque húmedo

Tabla 1: Número de especies compartidas entre las siete formaciones con vegetación seca de Ecuador (abajo/izquierda) y el Índice de similitud florística de Sørensen de las siete formaciones (arriba/derecha).

		ms	de	sd	es	i-s	i-o	i-n
ms	matorral espinoso		0.33	0.28	0.17	0.27	0.03	0.18
de	bosque deciduo	30		0.80	0.21	0.20	0.09	0.11
sd	bosque semideciduo	27	115		0.30	0.21	0.13	0.14
sm	bosque seco montano bajo	13	26	39		0.61	0.19	0.48
i-s	interandino del sur	21	25	27	67		0.15	0.65
i-o	interandino oriental	1	7	11	13	10		0.11
i-n	interandino del norte	10	11	15	42	57	5	

Tabla 2: Número de especies compartidas entre las seis provincias además de los bosques húmedos de Ecuador (abajo/izquierda) y el índice de similitud florística de Sørensen entre estas siete áreas (arriba/derecha).

	Loja	**El Oro**	**Guayas**	**Manabí**	**Esmer.**	**Los Ríos**	**Z. húmedas**
Loja		0.60	0.69	0.58	0.31	0.43	0.41
El Oro	102		0.70	0.66	0.41	0.47	0.44
Guayas	133	102		0.78	0.41	0.53	0.41
Manabí	105	87	122		0.43	0.39	0.39
Esmeraldas	43	36	46	43		0.57	0.59
Los Ríos	63	46	65	52	37		0.59
Z. húmedas	60	42	49	42	37	43	

Tabla 3: Familias y géneros en los bosques secos de Ecuador. En la izquierda aparecen las 15 familias con el mayor número de especies en los bosques secos del Ecuador, el porcentaje del total (de 275) de especies que éstas representan y el número de géneros por familia. A la derecha constan los 15 géneros con mayor número de especies presentes en los bosques secos de Ecuador.

Familia	**No. Especies**	**% Especies**	**No. Géneros**	**Géneros**	**No. Especies**
Mimosaceae	33	12.0	14	*Senna*	9
Caesalpinaceae	19	6.9	7	*Cordia*	8
Fabaceae	17	6.2	14	*Mimosa*	8
Euphorbiaceae	12	4.4	8	*Capparis*	7
Bignoniaceae	11	4.0	6	*Ficus*	7
Cactaceae	11	4.0	6	*Acacia*	6
Moraceae	11	4.0	4	*Inga*	5
Boraginaceae	10	3.6	2	*Armatocereus*	4
Bombacaceae	8	2.9	6	*Croton*	4
Capparidaceae	8	2.9	2	*Bauhinia*	3
Verbenaceae	8	2.9	8	*Bunchosia*	3
Anacardiaceae	6	2.2	4	*Caesalpinia*	3
Malvaceae	6	2.2	6	*Delostema*	3
Nyctaginaceae	6	2.2	4	*Mauria*	3
Solanaceae	6	2.2	5	*Opuntia*	3

Tabla 4: Número de familias y géneros de acuerdo al número de especies presentes en los bosques secos del Ecuador; solo Mimosoideae tiene 33 especies, pero 21 familias (y 130 géneros) están representados con una sola especie leñosa en los bosques secos de Ecuador.

Número de familias	Especies por familias	Número de géneros	Especies por género
1	33		
1	19		
1	17		
1	12		
3	11	1	9
1	10	2	8
3	8	2	7
4	6	1	6
4	5	1	5
6	4	2	4
4	3	7	3
13	2	33	2
21	1	130	1
63 familias		179 géneros	

semideciduo. Desafortunadamente, estos bosques han sido casi totalmente destruidos (ver mapa p. 126 en Kvist *et al.* 2005), dificultando a estudios que permitan definir con exactitud el límite entre bosques secos y húmedos. También fue difícil definir si algunas especies comunes en las formaciones húmedas y escasas en los bosques secos realmente pertenecen a estas últimas formaciones o si solo sobreviven en lugares con condiciones favorables, p.e. en quebradas que presentan condiciones de mejor humedad (y así se adaptan a ambientes secos). Este problema en particular es visualizado en los géneros de *Ficus* e *Inga*.

Se puede concluir que estudios adicionales probablemente incrementarían la lista, especialmente agregando arbustos y posiblemente resultarían en más de 300 especies (en lugar de las 275 actuales). Sin embargo, el conocimiento actual es suficientemente profundo y detallado como para comparar la abundancia y diversidad de las especies leñosas en los diferentes tipos de vegetación y zonas (provincias); aunque (ver más adelante) algunas formaciones y zonas han sido estudiadas en forma más intensiva que otras.

Relaciones florísticas entre formaciones de vegetación

Respecto al número de especies por cada formación de vegetación (Anexo 1), el máximo número de especies es registrado para los bosques secos semideciduos (148), superando a los bosques secos deciduos (139) a pesar que éstos ocupan un área mucho mayor. Los bosques secos montanos bajos y los bosques secos interandinos del sur también son diversos (ambos con 110). Las últimas tres formaciones tienen pocas especies, lo que no sorprende, considerando el clima extremo del matorral seco espinoso (44), la altura y aislamiento geográfico del bosque seco interandino del norte (65) y la extensión muy limitada y aislamiento del bosque seco interandino oriental (25).

Los índices de similitud florística (Tabla 1) muestra la elevada semjanza entre las siguientes formaciones: bosque seco deciduo y bosque seco semideciduo (0.80), por otro lado entre el bosque seco montano bajo y los bosques interandinos del sur (0.61) y entre los bosques interandinos del sur y del norte (0.65). Estos resultados indican la presencia de dos floras de bosques secos principales, ubicados aproximadamente por encima y por debajo los 1.000 metros de altitud; es decir que a pesar que en muchos lugares el bosque seco semideciduo está muy cerca o limita con el bosque de estribaciones, estas dos formaciones tiene un índice de similitud bajo (0.30). Además, probablemente debido a su aislamiento, se puede considerar al bosque seco interandino oriental (de Zamora-Chinchipe) como un tercer grupo bastante distinto de las demás seis formaciones.

Relaciones florísticas entre provincias/ regiones

Hemos registrado que el mayor número de especies se reportan desde Loja (219), seguida por Guayas (169) y Manabí (143) (Anexo 1). Se podría sospechar que los resultados reflejan que los autores han explorado Loja con mayor intensidad, pero los datos tienen sentido, considerando que Loja tiene la mayor variación de formaciones de vegetación seca (5 de las 7 descritas). Además, un buen número de las especies distribuidas en Perú aparentemente solo llegan a Loja en Ecuador. Con respecto de las demás provincias es comprensible que se encuentren pocas especies en Los Ríos (75) y Esmeraldas (55), considerando que estas provincias tienen menor extensión y variación de bosques secos, siendo que muchas de estas especies también crecen en bosques más húmedos. Se podría esperar más especies en El Oro (121), pero estos bosques han sido menos explorados que los de Loja, Guayas y Manabí.

López (2002) ha sugerido la existencia de dos subregiones de bosques secos en la costa de Ecuador, comprendiendo los bosques en el sur

(Loja, El Oro) y en el litoral (Manabí, Guayas y áreas aledañas de Los Ríos y Esmeraldas). Los índices de similitud (Tabla 2) no comprueban esta agrupación; entre Loja, El Oro, Guayas y Manabí son altos (0.58-0.78), es decir 0.69 entre Loja y Guayas, que es más alto que entre Loja y El Oro (0.60). Se puede también notar que Esmeraldas y Los Ríos tienen relativamente altos índices de similitud entre ellos (0.57) y también con los bosques más húmedos (0.59).

Composición florística de familias, géneros y especies

Según Gentry (1995), las Leguminosae casi siempre corresponden al grupo mejor representado en los bosques secos neotropicales. En Ecuador, las Leguminosae con las tres subfamilias Mimosoideae, Ceasalpinioideae y Faboideae comprenden los mayores números de especies (Tabla 3) y suman aproximadamente el 25% de las especies; según Linares-Palomino (*com. pers*. 2006), también constituyen el 25% en los bosques secos de Perú. Comparando la tabla 3 con el trabajo de Gentry (1995), se puede notar que las familias Bignoniaceae, Capparidaceae y Euphorbiaceae están entre las 10 familias más importantes a nivel neotropical y en el Ecuador. Por otro lado, las familias Bombacaceae, Cactaceae, Boraginaceae y Moraceae tienen más importancia en Ecuador, como en la mayoría de los bosques secos neotropicales y principalmente se destaca Bombacaceae. Esta familia puede tener mayor importancia y dominancia en los bosques secos de Ecuador y Perú, en comparación con otros bosques del mundo (Aguirre & Delgado 2005).

Otra característica de los bosques secos es que los géneros (y también muchas familias) tienen pocas especies simpátricas (según observamos en el campo), en comparación con los bosques húmedos donde géneros como *Ficus*, *Inga*, *Miconia*, *Psychotria*, *Piper* y *Solanum* pueden tener más de 10 especies simpátricas. La tabla 4 demuestra que el 73% (130 de 179) de los géneros registrados en los bosques secos de Ecuador solo está representado por una sola especie (leñosa) y menos del 10% de los géneros tiene más de dos especies; respecto a las familias se puede notar también que menos de la mitad (29 de 63) tiene más de dos especies. Los datos de la tabla 4 respaldan que los bosques secos de Ecuador tienen pocas especies simpátricas, aunque los datos tienen dos casos de estudio, como sigue. Por un lado, las especies de los mismos géneros pueden ubicarse en diferentes formaciones y regiones, como es el caso de las cuatro especies de *Armatocereus* (reduciendo la presencia de especies simpátricas). Mientras que *Byttneria*, *Croton*, *Mimosa*, *Opuntia*, *Senna* y *Tournefortia* tienen especies que representan a otras formas de vida en los bosques secos aumentando la presencia de especies simpátricas. Sin embargo, los inventarios y transectos existentes también argumentan que los bosques secos tienen realmente pocas especies simpátricas. La excepción principal es la dominancia de varias especies simpátricas de *Capparis* en el matorral seco espinoso.

Prioridades de conservación e investigación

Se puede destacar que los bosques secos semideciduos tienen la mayor diversidad de plantas vasculares (Figura 1) y casi no quedan extensiones intactas de esta formación. Como tal, deberá tenerse alta prioridad en identificar, preservar y si es posible recuperar esta formación de vegetación. En el caso del bosque seco interandino oriental (de Zamora-Chinchipe) igualmente será importante de reconocer el área más concretamente y ubicar remanentes de esa vegetación para investigar su composición florística y protegerla en el mediano plazo. Igualmente sería importante buscar remanentes de vegetación en los valles interandinos del sur y del norte. Actualmente se encuentra un matorral rara vez mayor a los cuatro metros de altura y que ha sido afectado por el impacto antrópico. Sin embargo, la

vegetación nativa existente en general está limitada a pendientes rocosas y las áreas con mejores suelos y con potencial para permitir el desarrollo de bosques de mejor estructura están dedicadas a cultivos. Por lo que es una prioridad localizar y proteger remanentes de bosques mejor desarrollados, estudiar las condiciones en estos lugares y si es posible recuperar estos bosques.

Conclusiones

Se distingue y describe a siete formaciones de bosques secos en Ecuador en que se registraron 275 especies de árboles y arbustos. La formación más extensa es el bosque seco deciduo de la costa (dominado por *Ceiba trichistandra*), pero se encuentran más especies en el bosque seco semideciduo de la costa. Los bosques secos montanos bajos al SW de la cordillera andina y los bosques interandinos en el sur del Ecuador también son diversos. Los bosques de la costa y de la sierra son florísticamente diferentes, que se separan en aproximadamente 1.000 metros de altitud, implicando que los bosques secos montanos bajos son parecidos a los bosques interandinos y distintos de los bosques de la costa. Referente a la costa no existen diferencias mayores entre los bosques del sur y el litoral. Las Leguminosae representan aproximadamente el 25% de las especies y otra familia dominante en particular en la costa es la Bombacaceae. La mayoría de los géneros solo tiene una especie en las diferentes formaciones de bosques secos y pocos tienen algunas especies simpátricas. También hay muchas familias representadas únicamente por una o dos especies en los bosques secos.

Agradecimientos

Nuestro más profundo agradecimiento a la Agencia de Desarrollo Internacional de Dinamarca (DANIDA), a través del proyecto Biodiversidad y especies económicamente importantes de los Andes Centrales (BEISA). A la Fundación del Príncipe Heredero de Dinamarca que ha facilitado el apoyo financiero para desarrollar diferentes actividades de prospección de campo. A Henrik Balslev por apoyarnos a crecer como profesionales y por ayudarnos a ser uno de los herbarios más importantes del Ecuador. Un agradecimiento muy especial a las autoridades de la Universidad Nacional de Loja, especialmente al señor Dr. Max González M., Rector e Ing. Félix Hernández C, director del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por las facilidades y apoyo para todas las iniciativas de investigación del herbario LOJA. También un agradecimiento especial al herbario QCA por haber permitido utilizar y consultar sus colecciones botánicas. A todo el personal del Herbario LOJA que apoyaron para culminar la presente investigación.

Referencias

Aguirre, Z., E. Cueva, B. Merino, W. Quizhpe & A. Valverde. 2000. Formaciones vegetales de los bosques secos de La Ceiba y Romeros, Provincia de Loja. EcoCiencia, Loja. 34 p.

Aguirre, Z., E. Cueva, B. Merino, W. Quizhpe & A. Valverde. 2001. Evaluación ecológica rápida de la vegetación en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador. Pp. 15-35 en Vásquez, M.A., Larrea, M., Suárez, L. & P. Ojeda (eds.), Biodiversidad en los Bosques Secos del suroccidente de la provincia de Loja. EcoCiencia/ Ministerio del Ambiente/ Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco, Quito.

Aguirre, Z. & T. Delgado. 2005. Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro-Cazaderos, Occidente de la Provincia de Loja. Pp. 9-24 En: M.A. Vásquez, J.F. Freile & L. Suárez (eds.) Biodiversidad en los Bosques Secos de la Zona de Cerro Negro-Cazaderos, Occidente de la Provincia de Loja: Un Reporte de las Evaluaciones Ecológicas y Socioeconómicas Rápidas. EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco, Quito.

Balslev, H. & B. Øllgard. 2002. Mapa de vegetación del sur de Ecuador. Pp. 51–64 En: Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E. & H. Balslev (eds.).

Botánica Austroecuatoriana. Abya Yala, Quito.

Bridgewater, S., R.T. Pennington, C.A. Reynel, A. Daza & T.D. Pennington. 2003. A preliminary floristic and phytogeographic analysis of the woody flora of seasonally dry forests in northern Peru. Candollea 58: 129-141.

Cabrera, O., Z. Aguirre, W. Quizhpe & R. Alvarado. 2002. Estado actual y perspectivas de conservación de los bosques secos del sur-occidente ecuatoriano. Pp. 65-78 En Z. Aguirre, J.E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.). Botánica Austroecuatoriana. Estudios Sobre los Recursos Vegetales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Editorial Aya Yala, Quito.

Cañadas, L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG, Quito. 210 p.

Cerón, C.E. 1993. Estudio preliminar de plantas útiles del Parque Nacional Machalilla. Provincia de Manabí, Ecuador. Hombre y ambiente, Ediciones Abya-Yala, Número Monográfico 25: 73-130.

Cerón, C.E. 1994. Diversidad, composición y usos florístico en la Hoya de Guayllabamba-Chota, provincia de Pichincha e Imbabura. Hombre y ambiente, Ediciones Abya-Yala, Número Monográfico 31: 85-136.

Cerón, C.E. 1996. Diversidad, especies vegetales y usos en la Reserva Ecológica Manglares-Churute, Provincia de Guayas. Geográfica 36: 1-92.

Cerón, C.E. W. Palacios, R. Valencia & R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la Costa del Ecuador. Pp. 55-78 En: R. Sierra (ed.), Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

Cerón, C.E. 2002. Aportes a la flora útil de Cerro Blanco, Guayas-Ecuador. Cinchonia 3: 17-25.

Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Gram, A.L. Webster, S.A. Primn, M.PO. Brookbinder & G. Ledec. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones de América Latina y Caribe. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, Washington DC. 135 p.

Dodson, C.H., A.H. Gentry & F.M. Valverde. 1985. La flora de Jauneche, Los Ríos, Ecuador. Banco Central de Ecuador, Quito. 512 p.

Gentry, A.H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. Pp. 146-194 En Bullock, S.H., Moony, H.A. & E. Medina (eds). Seasonally Dry Tropical Forests. Cambridge University Press, Cambridge.

Harling, G. 1979. The vegetation types of Ecuador - A brief survey. Pp. 165-174 En: Larsen, K. & L.H. Holm-Nielsen (eds.) Tropical Botany. Academic Press, Londres.

Herbario LOJA, CINFA, SNV. 2003. Zonificación ecológica de los seis cantones de influencia del Proyecto Bosque Seco. Fase II. Informe Final. Herbario Loja - Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Loja. 144 p.

Herbario LOJA, UNISIG, CINFA. 2001. Zonificación y determinación de los tipos de Bosque seco en el sur-occidente de la provincia de Loja. Informe Final. Herbario Loja -Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Loja. 144 p.

Hernández, C. & C. Josse. 1997. Plantas silvestres comestibles del Parque Nacional Machalilla. Hombre y Ambiente, Abya-Yala, Quito. 40: 1-78.

Janzen, D.H. 1988. Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem. Pp. 130-137 En: E.O. Wilson (ed.), Biodiversity. National Academy Press, Washington D.C.

Jiggins, C., P. Andrade, E. Cueva, S. Dixon, I. Insherwood & J. Willis. 1999. The conservation of three forests in South - West Ecuador. Biosphere Publications Research Report Nº 2, Otley. 70 pp.

Josse, C. 1997. Dinámica de un bosque seco, semideciduo y secundario en el oeste del Ecuador. Pp. 241–253 En R. Valencia & H. Balslev (eds), Estudios Sobre Diversidad y Ecología de Plantas. Memorias del II Congreso Ecuatoriano de Botánica realizado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Centro de Publicaciones, Quito.

Josse, C. & H. Balslev.1994. The composition and structure of a dry, semidecidious forest in western Ecuador. Nordic Journal of Botany 14: 425-433.

Jørgensen, P. M. & S. León-Yánez (eds.). 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador.

Monographs of Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden 75: i–viii, 1–1182.

Kessler, M. 1992. The vegetation of South-west Ecuador. Pp. 79-100 En B. Best (ed.). The threatened Forests of South-West Ecuador. Biosphere Publications, Leeds.

Klitgaard, B., P. Lozano, Z. Aguirre, B. Merino, N. Aguirre, T. Delgado & F. Elizalde. 1999. Composición florística y estructural del bosque petrificado de Puyango. Estudios Botánicos en el sur del Ecuador. Universidad de Loja, Herbario Loja (3): 25-49.

Kvist, L.P., L.E. Skog, J.L. Clark & R.W. Dunn. 2005. The family Gesneriaceae as example for the Biologial extinction in Western Ecuador. Pp. 117-168 En P. Lozano, R. Bussmann, & H. Navarrete (eds.), Memorias del II Congreso de Conservación de la Biodiversidad de los Andes y Amazonía y IV Congreso Ecuatoriano de Botánica. Funbotánica/ Universidad Técnico de Loja/ Herbario Reinaldo Espinosa, Loja.

Linares-Palomino, R. 2004a. Los bosques tropicales estacionalmente secos: I. El concepto de los bosques secos en el Perú. Arnoldia 11(1): 85-102.

Linares-Palomino, R. 2004b. Los bosques tropicales estacionalmente secos: II. Fitogeografía y composición florística. Arnoldia 11(1): 103-138.

Linares-Palomino, R., R.T. Pennington & S. Bridgewater. 2003. The phytogeography of the seasonally dry tropical forests in Equatorial Pacific South America. Candollea 58: 473-499.

Linares-Palomino, R. & S.I. Ponce A. 2005. Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in the Cerros de Amotape Cordillera, Túmbez, Perú. Forest Ecology and Management 209: 261-272.

López, F. 2002. Ecuador-Perú, conservación para la paz. Editorial UTPL, Loja. 92 p.

Lozano, P. 2002. Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. Pp. 29-49 En: Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E. & H. Balslev (eds.). Botánica Austroecuatoriana. Abya Yala, Quito.

Madsen, J.E., R. Mix & H. Balslev. 2001. Flora of Puná Island. Plant resources on a Neotropical island. Aarhus University Press, Aarhus. 289 p.

Moony, H.A., S.H. Bullock & E. Medina. 1995. Introducción. Pp. 1-8 En: Bulluck, S.H., Mooney, H.A. & E. Medina (eds.) Seasonally Dry Tropical Forests. Cambridge University Press, Cambridge.

Munday, M. & G. Munday. 1992. The climate of south-west Ecuador. Pp. 7-78 in Best, B. (ed.). The Threatened Forests of South-West Ecuador. Biosphere Publications, Leeds. 225 p.

Neill, D. 2000. Observations on the conservation status of Tropical Dry Forest in the Zapotillo Area, Loja.*www.mobot.org/MOBOT/research/Ecuador/Zapotillo*.

Nuñez, T, 1997. Inventario florístico y zonificación de la vegetación en la Isla de la Plata, Parque Nacional Machalilla. Pp. 130-142 En: R. Valencia & H. Balslev (eds.) Estudios Sobre Diversidad y Ecología de Plantas. Memorias del II Congreso Ecuatoriano de Botánica realizado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Centro de Publicaciones, Quito.

Parker, T.A. & J.L. Carr (eds.). 1992. Status of the forest remnants in the Cordillera de la Costa and Adjacent areas of Southwestern Ecuador. Rapid Assessment Program Working Paper 2. Conservation International, Washington D.C. 172 p.

Pennington, R.T., D.E. Prado & C.A. Pendry. 2000. Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. Journal of Biogeography 27: 261-273.

Pennington, R.T., Q.C.B. Cronk & J.A. Richardson. 2004a. Introduction and synthesis: plant phylogeny and the origin of major biomes. Phil. Trans. Royal Soc. (B) 359: 1455-1464.

Pennington, R.T., M. Lavin, D.E. Prado, C.A. Pendry, S.K. Pell & C.A. Butterworth. 2004b. Historical climate change and speciation: Neotropical seasonally dry forests plants show patterns of both tertiary and quaternary diversification. Philosophical Transactions from the Royal Society of London B. 359: 515-537.

Prado, D.E. & P.E. Gibbs. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. Annals of Missouri Botanical Garden 80: 902-927.

Prado, D.E. 2000. Seasonally dry forests of tropical South America: From forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. Edinburgh Journal of Botany 57: 437-461.

Proyecto Bosque Seco. 1998. Diagnóstico socio ambiental e institucional del los cinco

cantones sur-occidentales de Loja. INEFAN/ SNV, Loja. 159 p.

Sarmiento, G. 1975. The dry plant formations of South America and their floristic connections. Journal of Biogeography 2: 233-251.

Sierra, R. (ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/ GEF-BIRG y EcoCiencia, Quito. 194 p.

Stattersfield, A.J., J.J. Crosby, A.J. Long & D.C. Wege. 1998. BirdLife International, Conservation Series No. 7, Cambridge.

Sørensen, T. 1948. A method for establishing groups of equal amplitude in plant sociologybased on similarity of species content. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologisk Skrifter 5(4): 1-34.

Ulloa U., C. & D.A. Neill. 2005. Cinco años de adiciones a la flora del Ecuador. 1999-2004. Universidad Técnica Particular de Loja/ Missouri Botanical Garden/ FunBotanica, Loja. 75 p.

Valencia, R., N.S. Pitman, S. Léon-Yánez & P.M. Jørgensen (eds.). 2000. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios & R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Pp. 79-108 En: Sierra, R. (ed.), Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

Anexo 1: Árboles y arbustos presentes en los bosques secos de Ecuador, ordenados alfabéticamente según familias, géneros y especies. Para cada especie se indica a qué formaciones de bosque seco corresponde (ms: matorral seco espinoso; de: bosque seco deciduo; sd: bosque seco semideciduo; sm: bosque seco montano bajo; i-s: bosque seco interandino del sur; i-o: bosque seco interandino oriental; i-n: bosque seco interandino del norte), en qué provincias se encuentra (Lo: Loja; Or: El Oro; Gu: Guayas; Ma: Manabí; Es: Esmeraldas; Ri: Los Ríos), si la especie también está presente en zonas húmedas (Co: En la Costa; I-h: En bosques húmedos de la Sierra; Am: en la Amazonía), si se trata de una especie endémica de Ecuador (En), Introducida y naturalizada (In), o domesticada y nativa (Do), la altura máxima del árbol/arbusto o un rango de altura (en metros) y su rango de distribución altitudinal (en cientos de metros, 3-8 significa de 300- 800 m). Al inicio aparece el número de especies encontrado en los diferentes tipos de vegetación y zonas geográficas (y el total de 63 familias y 275 especies leñosas en los bosques secos de Ecuador).

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	In	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Achatocarpaceae																			
Achatocarpus pubescens	x	x	x					x	x	x	x							5	3-8
Agavaceae																			
Yucca guatemalensis				x	x			x	x	x			x		x		In	5-6	0-5/16-25
Anacardiaceae																			
Loxopterygium huasango		x	x					x		x								20	0-7
Mauria membranifolia				x	x			x	x	x							En	12	10-25
Mauria heterophylla					x			x		x			x			x		10	3-6/10-29
Mauria suaveolens		x	x					x	x		x			x		x		8	2-7
Schinus molle		x	x	x	x		x	x									In	7	0-16
Spondias purpurea					x		x	x		x	x	x					In	7	2-16
Annonaceae																			
Annona cherimolia				x	x			x									Do	8	8-20
Annona muricata					x		x	x		x	x	x	x	x		x	Do	8	0-8(13)
Apocynaceae																			
Aspidosperma sp.		x	x					x	x	x			x					5-6	0-7
Rauwolfia tetraphylla		x	x					x	x	x	x	x	x					3 (10)	0-7
Stemmadenia obovata	x		x							x								8	0-5
Thevetia peruviana					x		x	x	x	x	x						In	7	0-10
Vallesia glabra	x		x							x	x							3	0-1
Asteraceae																			
Fulcaldea laurifolia		x	x		x			x			x						En	9	5-10
Verbesina pentantha				x	x		x	x	x	x							En	3-4	0-30
Vernonanthura patens					x	x		x	x	x	x		x			x		3-4	0-20
Wedelia grandiflora		x	x					x	x	x	x							3	0-20
Bignoniaceae																			
Cybistax antisyphilitica					x	x		x										6	10-15
Crescentia cujete		x								x							In	10	
Delostoma gracile			x								x							7	0-5
Delostoma integrifolium				x	x		x	x	x						x			5 (10)	11-26
Delostema lobbii				x				x										5-6	10-35
Jacaranda mimosifolia				x	x	x	x	x		x			x					10-12	0-5/20-30
Jacaranda sparrei			x	x	x			x										8	15-25
Tabebuia bilbergii		x	x					x	x	x	x		x					8	0-7
Tabebuia chrysantha		x	x			x		x	x	x	x		x			x		14	0-21
Tecoma castanifolia		x	x		x			x		x	x	x						2-5	1-10(18)
Tecoma stans	x		x	x	x		x	x										2-5 (8)	19-27

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	In	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Bixaceae																			
Cochlospermum vitifolium		x	x					x	x	x	x		x					15	0-10
Bombacaceae																			
Cavanillesia platanifolia		x	x					x	x	x								25	0-7
Ceiba insignis					x			x								x		9-10	0-5/10-15
Ceiba trichistandra		x	x		x	x		x	x	x	x							22	0-7
Eriotheca ruizii		x	x	x				x	x	x								12	0-11
Ochroma pyramidale				x		x		x	x	x	x		x					25	0-11
Pachira rupicola		x	x					x		x						x		10	0-5
Pseudobombax millei		x	x					x		x	x		x				En	20	0-5
Pseudobombax guayasense		x	x							x							En	18	0-5
Boraginaceae																			
Cordia alliodora		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x		x		10-20	0-4
Cordia cylindrostachya		x	x					x		x	x			x				2-4	0-10
Cordia eriostigma			x								x					x		10	4-6
Cordia hebeclada			x					x			x					x		4-6	3-9
Cordia lantanoides	x			x	x			x										3-4	6-20
Cordia lutea	x	x	x					x	x	x	x	x	x					1-4	0-6(15)
Cordia macrantha		x	x					x		x								12	0-7
Cordia macrocephala			x					x		x	x							1-4	0-5
Tournefortia bicolor				x						x	x	x	x	x		x		3	0-10
Tournefortia polystachya				x	x		x	x										3	13-35
Buddlejaceae																			
Buddleja americana				x	x		x	x		x	x	x	x					3-4	0-30
Burseraceae																			
Bursera graveolens		x	x					x		x	x		x					8-10	0-14
Cactaceae																			
Armatocereus brevispinus		x	x		x			x									En	10	19-20
Armatocereus cartwrightianus	x	x	x		x			x	x	x	x							8	0-6
Armatocereus godingianus		x	x				x										En	2-5 (8)	12-23
Armatocereus matucanensis		x	x	x				x										8	10-15
Cereus diffusus	x				x			x	x	x	x							4-7	0-18
Echinopsis pachanoi					x		x	x										2-6	15-30
Espostoa lanata	x	x			x			x										3-4	2-9
Opuntia ficus-indica	x			x	x			x	x	x	x						In	5	3-22
Opuntia quitensis	x			x	x		x	x	x									3	0-22
Opuntia soederstromiana							x											3-4	10-30
Pilosocereus tweedyanus		x							x	x	x							5-7	0-10
Caesalpinaceae																			
Bauhinia aculeata		x	x					x	x	x	x		x					4-8	0-7
Bauhinia angusti		x	x					x										4	10-15
Bauhinia weberbaueri		x	x					x										8	10-20
Caesalpinia cassioides				x	x			x										3	15-19
Caesalpinia glabrata		x	x		x			x	x	x	x							5-15	0-6(12)
Caesalpinia spinosa				x	x		x	x										7-10	17-27

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	In	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Cercidium praecox			x	x	x	x		x		x	x							5-8	9-1
Cynometra bauhiniifolia		x	x					x	x	x	x		x				En	15-20	1-7
Dialium guianense						x						x		x		x		10	0-10
Parkinsonia aculeata	x	x			x					x	x							5	0-5
Senna cajamarcae				x	x			x										3	20-30
Senna incarnata				x	x		x	x										6-7	15-25
Senna macranthera				x				x										4	15-20
Senna mollissima		x	x		x			x	x	x	x							4-7	0-5
Senna occidentalis		x		x	x					x	x	x						4	0-5
Senna oxyphylla		x	x						x	x	x		x					2-5	1-8
Senna pistaciifolia		x	x					x		x	x							7	0-15
Senna robiniifolia		x	x						x	x	x							2-4	0-5
Senna spectabilis		x	x					x		x	x		x					3-5 (20)	0-12
Capparidaceae																			
Capparis avicennifolia		x	x						x	x	x							2-3 (4)	0-5
Capparis crotonoides	x	x	x						x	x	x							2-3 (5)	0-3(5)
Capparis ecuadorica		x	x					x		x	x		x	x				4	1-15
Capparis flexuosa		x	x	x				x		x	x			x				2-6	0-16
Capparis heterophylla		x	x					x	x	x	x							3-5 (10)	0-10
Capparis petiolaris		x	x					x		x	x		x					10	0-20
Capparis scabrida	x	x		x	x		x	x	x	x	x							6-10	0-5/10-20
Morisonia americana		x	x						x		x							10	0-5
Caricaceae																			
Carica microcarpa				x				x	x	x		x	x	x		x		5	0-15
Carica parviflora				x				x	x	x	x		x					4	0-20
Cecropiaceae																			
Cecropia litoralis			x	x				x	x	x		x	x	x		x		12	0-15
Cecropia obtusifolia			x	x					x		x	x	x	x				10	0-15
Celestraceae																			
Maytenus octogona	x	x	x					x	x	x	x							5-8	0-5
Combretaceae																			
Terminalia valverdeae		x	x					x		x								10	0-5
Convolvulaceae																			
Ipomoea wolcottiana	x	x	x	x				x	x									5	3-11
Ipomoea carnea	x	x			x			x	x	x	x							1-3	0-25
Ebenaceae																			
Diospyrus inconstans		x								x	x	x						4-5	0-10
Erythroxylaceae																			
Erythroxylum glaucum	x	x	x					x	x	x	x							5	0-5
Erythroxylum ruizii		x	x							x	x						En	4-5	0-5
Euphorbiaceae																			
Acalypha diversifolia				x	x		x	x	x						x	x		3	0-20
Cnidoscolus aconitifolius	x	x	x		x			x		x			x					6-7	0-50/16
Cnidoscolus urens					x		x											3	15-25
Croton menthodorus				x	x		x	x									En	3	13-30

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	In	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Croton rivinifolius	x									x	x						En	4	0-5
Croton wagneri				x	x		x	x									En	3	8-20
Croton sp.						x	x	x										3	7-9
Hippomane mancinella		x									x							15	0-5
Hura crepitans		x	x			x		x										12-15	0-9
Jatropha curcas		x	x	x	x		x	x		x			x				N	3	0-13
Phyllanthus sp.		x	x					x										4	3-10
Ricinus communis				x	x		x	x	x	x	x		x		x	x	N	3	0-30
Fabaceae																			
Aeschynomene scoparia				x	x			x										4	15-25
Aeschynomene tumbezensis	x							x		x	x	x	x					3	0-20
Centrolobium ochroxylum			x	x				x	x	x	x	x	x	x				12	(2)5-11
Clitoria brachystegia		x		x				x	x	x							En	7	0-5
Coursetia caribaea				x	x			x	x	x	x	x						5	0-15
Coursetia grandiflora					x		x	x										4	15-30
Cyathostegia mathewsii				x	x			x										1-3	14-22
Dalea carthagenensis				x	x			x		x	x							3	0-20
Erythrina smithiana				x	x			x	x	x	x		x				En	10	(0)4-10
Erythrina velutina		x	x					x	x	x	x							12	0-5
Geoffroea spinosa		x	x					x	x	x	x							6-10	2-12(15)
Gliricidia brenningii		x	x					x	x	x	x		x					8-10	0-7
Lonchocarpus atropurpureus		x	x					x		x	x							11-15	0-11
Machaerium millei		x	x	x				x	x	x	x		x					7-15	0-5(17)
Myroxylon peruiferum		x	x	x				x	x	x	x		x					10 (20)	0-5(17)
Piscidia carthagenensis		x	x					x	x	x								12-15	0-6
Pterocarpus sp.		x	x					x	x	x	x			x				12-15	2-12
Flacourtiaceae																			
Casearia mariquitensis				x					x	x	x		x			x		4	0-10
Prockia crucis		x	x					x										5	5-7
Prockia pentamera		x	x							x								4-5	0-10
Muntingia calabura		x	x			x		x	x	x	x	x	x	x		x		6-7	1-10(15)
Grossulariaceae																			
Escallonia micrantha				x	x			x										4	13-25
Hippocrataceae																			
Salacia sp.		x	x					x										8-10	3-10
Hydrophyllaceae																			
Wigandia crispa					x		x	x										3	20-25
Icacinaceae																			
Citronella sp.		x	x	x				x										7-8	5-7/20-30
Lamiaceae																			
Lepechinia mutica					x			x									En	3	15-25
Lauraceae																			
Nectandra acutifolia				x		x		x				x	x	x				10	0-5/10-20
Ocotea cernua				x		x		x	x	x	x	x	x	x		x		10	0-20
Persea caerulea				x	x			x						x				10	10-18

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	In	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Krameriaceae																			
Krameria lappacea							x											3	15-25
Lythraceae																			
Adenaria floribunda				x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x		4-6	0-15
Lafoensia acuminata				x	x		x	x							x			10	10-25
Malpighiaceae																			
Bunchosia deflexa		x	x	x	x		x	x		x		x	x	x				10-12	0-20
Bunchosia plowmanii	x	x	x	x				x	x	x	x							4-5	0-15
Bunchosia pseudonitida		x	x					x		x			x					5	3-7
Malpighia emarginata		x	x					x	x	x	x							5	0-5
Malpighia glabra		x	x	x				x	x	x	x							4-5	0-10
Malvaceae																			
Abutilon ibarrense							x											3	15-30
Bastardia bivalvis	x	x	x		x		x	x			x							3	0-5/10-20
Gossypium barbadense	x	x			x					x	x						Do	1-4	0-30
Hibiscus phoeniceus		x	x					x	x	x	x							3	0-20
Malvastrum tomentosum			x		x		x	x	x	x	x	x						3	0-30
Pavonia sepium	x	x			x		x	x	x		x							3	0-30
Meliaeae																			
Cedrela odorata				x		x		x		x				x		x		10-15	0-20
Guarea glabra				x					x	x		x	x	x	x	x		8	0-10
Schmardaea microphylla				x	x		x	x										6	15-30
Trichilia elegans			x	x						x	x					x		7-9	0-5
Trichilia hirta			x	x	x			x	x	x	x		x					6-7	0-10
Mimosaceae																			
Acacia farnesiana		x	x							x	x							5	0-5
Acacia riparia		x	x					x		x								6-7	0-5
Acacia rorudiana	x	x	x								x							4-5	0-10
Acacia macracantha	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						8-10	0-20
Acacia tortuosa		x								x	x							6	0-5
Acacia weberbaueri		x						x										6	?
Albizia multiflora		x	x					x	x	x	x							5-10	0-10
Anadenanthera colubrina					x	x		x										5-10	12-17
Calliandra taxifolia		x	x	x	x		x	x										4	12-20
Calliandra tumbeziana		x						x										4	4-8
Chloroleucon mangense	x	x	x					x	x									8-10	0-10
Inga colonchensis		x								x							En	6	1-3
Inga ornata				x	x	x		x										8	10-20
Inga oerstediana				x		x		x	x		x	x	x	x		x		8-10	0-15(20)
Inga sapindoides				x	x					x	x	x	x			x		8-10	0-10
Inga vera			x							x			x			x		8-10	0-5
Leucaena trichodes	x	x	x		x			x	x	x	x	x						5	0-5
Mimosa acantholoba	x	x	x					x		x	x							7-9	0-7
Mimosa albida	x			x	x		x	x										3-4	10-35
Mimosa caduca				x	x			x										7	8-23

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	En	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Mimosa debilis	x								x	x	x	x	x					1-4	0-5
Mimosa loxensis					x			x									En	5	16-21
Mimosa nothacacia					x			x							x			6	10-15
Mimosa quitensis					x		x	x										4	15-30
Mimosa townsendii					x			x									En	9	16-22
Piptadenia flava	x	x	x					x	x	x								5	0-7
Pithocellobium excelsum	x	x						x	x	x	x	x						5	0-5
Prosopis juliflora	x	x	x		x			x		x	x	x						10	0-5(10)
Prosopis pallida	x	x	x					x	x	x								8-10	0-5
Pseudosamanea guachapele			x					x	x	x	x	x						20	0-7
Samanea tubulosa			x							x	x							8	0-5
Zapoteca andina					x		x	x										8	10-19
Zapoteca caracasana	x		x		x		x	x		x								4	0-10
Monimiaceae																			
Siparuna eggersii				x	x			x	x	x	x			x			En	8	0-25
Moraceae																			
Brosimum alicastrum		x	x					x	x	x	x	x	x			x		18	0-10
Ficus citrifolia		x						x	x	x	x	x				x		18	0-7
Ficus insipida		x	x			x		x	x					x		x		18	0-5
Ficus jacobii			x					x		x								20	0-5
Ficus maxima		x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x		20	0-20
Ficus obtusifolia			x	x				x	x	x	x	x		x		x		18	0-10
Ficus pertusa			x	x		x		x				x	x	x	x	x		15	0-20
Ficus tonduzii			x	x				x	x			x	x	x		x		14	0-25
Maclura tinctoria		x	x	x				x			x	x	x	x		x		15	3-15(20)
Sorocea sprucei		x	x					x	x	x								14	0-5
Sorocea trophoides			x	x	x		x	x					x					14	5-25
Myrtaceae																			
Myrcia splendens				x			x				x	x		x	x	x		8-10	5-25
Myrcianthes rhopaloides				x	x			x	x			x		x	x			8-10	10-15
Psidium guajava				x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	Do	8	0-25
Psidium guineense				x	x		x	x	x									4-5	5-25
Psidium sartorianum	x			x					x									8	0-5
Nyctaginaceae																			
Bougainvillea peruviana	x	x	x	x			x	x										4-5	0-15
Bougainvillea spectabilis	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x				In	4-5	0-5/20-30
Cryptocarpus pyriformis	x	x	x	x					x	x	x							4	0-10
Guapira sp.			x								x		x					5	0-5
Pisonia aculeata		x	x					x	x	x			x					6-7	0-10
Pisonia floribunda		x								x								10	0-3
Oleaceae																			
Chionanthus pubescens				x	x		x	x										6-8	10-30
Priogymnanthus apertus			x						x		x						En	8	5-10
Opiliaceae																			
Agonandra excelsa		x	x					x	x	x								5-7	0-5

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	In	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Phytolaccaceae																			
Gallesia integrifolia		x	x	x				x	x	x								12	0-10
Phytolacca dioica			x	x				x					x	x				18	0-5/20-25
Piperaceae																			
Piper lanceifolium				x	x		x	x							x			3	10-30
Piper tuberculatum		x	x						x	x	x	x	x			x		3	5-9
Polemoniaceae																			
Cantua pyrifolia					x		x	x										3	20-35
Cantua quercifolia					x		x	x										3	15-30
Polygonaceae																			
Coccoloba mollis		x	x					x	x	x	x	x	x			x		9	0-6
Coccoloba ruiziana		x	x					x	x	x	x							5	0-10(18)
Ruprectia jamesonii		x	x					x		x								5	0-7
Triplaris cumingiana			x	x		x		x	x	x	x	x	x	x				12	0-15
Proteaceae																			
Roupala obovata					x		x	x										6	10-30
Rhamnaceae																			
Scutia spicata	x	x	x					x		x	x							1-3	0-5
Zizyphus thyrsiflora		x	x					x	x	x	x							5-10 (15)	0-5
Rosaceae																			
Prunus subcorymbosa				x	x			x			x							8	0-15
Rubiaceae																			
Alseis eggersii		x	x						x	x	x							8	0-10
Randia sp.		x	x					x		x	x							4	0-8
Simira ecuadorensis		x	x					x	x	x	x							4	0-8
Rutaceae																			
Dictyoloma peruvianum						x												8	8-10
Zanthoxylum cf. fagara		x	x					x			x							10	0-5/15
Zanthoxylum rigidum		x	x					?			x							12	0-5
Salicaceae																			
Salix humboldtiana				x	x		x	x		x						x		12	0-30
Sapindaceae																			
Cupania cinerea				x	x			x	x	x			x	x		x		14-15	5-15
Cupania latifolia				x				x			x		x					12	0-10
Dodonaea viscosa				x	x		x	x										3	5-10/20-40
Sapindus saponaria			x	x	x		x	x		x	x	x	x	x				8-10	0-16(25)
Sapotaceae																			
Chrysophyllum argenteum			x						x	x	x	x	x	x		x		16	0-5
Chrysophyllum lucentifolium			x						x									15	0-5
Sideroxylon obtusifolium		x								x	x							4-8	0-5
Solanaceae																			
Acnistus arborescens				x	x		x	x	x	x	x	x		x		x		5	0-20(30)
Cestrum auriculatum				x	x		x	x		x	x			x				4	0-8
Lycianthes lycioides					x		x	x										3	12-20
Pradosia montana		x	x					x	x	x								8-10	0-5

Familia/Especie (totales 63/275)	Presencia en formación de bosque seco							Presencia en Provincias						En zonas húmedas			En	Altura	Rango
Número de especies	44	139	148	110	110	25	65	219	121	169	143	55	75	49	14	50	In	arbusto	distrib.
Formación/zona	ms	de	sd	sm	i-s	i-o	i-n	Lo	Or	Gu	Ma	Es	Ri	Co	I-h	Am	Do	o árbol	altudinal
Nicotiana spp.				x	x														
Solanum confertiseriatum				x	x		x	x		x	x	x						3	0-15
Solanum hazenii								x		x								4	0-5
Sterculariaceae																			
Byttneria parviflora	x				x			x	x	x	x							4	0-5
Guazuma ulmifolia		x	x			x		x	x	x	x					x		8	0-16(25)
Styracaceae																			
Styrax tomentosus				x	x			x	x					x				8	5-25
Theophrastaceae																			
Clavija euerganea		x	x					x	x					x				4	5-15
Clavija pungens	x	x	x					x	x	x	x						En	3	0-5
Jacquinea sprucei		x	x						x	x	x							5-6	0-5
Tiliaceae																			
Heliocarpus americanus				x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x		15	0-25
Triumfetta semitriloba					x		x	x		x			x					3	0-10/15-25
Ulmaceae																			
Ampelocera sp.		x		x				x			x							6	0-15
Celtis iguanaea		x	x					x		x	x		x	x		x		6	0-5(6-15)
Celtis loxensis		x	x					x										12	0-8
Trema micrantha			x	x				x		x		x	x	x		x		6	0-25
Urticaceae																			
Urera caracasana			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		3	0-20
Verbenaceae																			
Aegiphila cuatrecasasii				x			x	x										12	15-25
Citharexylum sp.		x						x	x	x	x							6	0-5
Clerodendron molle		x								x	x							5	0-10
Cornutia pyramidata		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x		x		6	0-15
Duranta dombeyana				x	x		x	x										4	0-25
Lantana trifolia				x	x		x	x	x	x		x	x	x		x		3	0-15
Lippia americana		x						x	x	x	x			x				4	0-10
Vitex gigantea			x						x	x	x	x	x	x		x		15	0-5

Anexo 2: Lista alfabética de nombres científicos (con autores y familias) de especies leñosas conocidos de los bosques secos del Ecuador.

Especies (Familia) - A: *Achatocarpus pubescens* C.H. Wright, Acha - *Abutilon ibarrense* Kunth, Malv - *Acacia farnesiana* (L.) Willd., Mimo - *A. macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd. - *A. riparia* Kunth - *A. rorudiana* Christoph. - *A. tortuosa* (L.) Willd. - *A. weberbaueri* Harás - *Acalypha diversifolia* Jacq., Euph - *Acnistis arborescens* (L.) Schltdl., Sola - *Adenaria floribunda* Kunth, Lyth - *Aegiphila cuatrecasasii* Moldenke, Verb - *Aeschynomene scoparia* Kunth (Faba) - *A. tumbezensis* J.C. Macbr. - *Agonandra excelsa* Griseb., Opio - *Albizia multiflora* (Kunth) Barneby & J.W. Grimes, Mimo - *Alseis eggersii* Standl., Rubi - *Ampelocera longissima* Todzia, Ulma - *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, Mimo - *Annona cherimola* Mill, Anno - *A. muricata* L. - *Armatocereus brevispinus* Madsen, Cact - *A. cartwrightianus* (Britton & Rose) Backeb. ex A.W. Hill - *A. godingianus* (Britton & Rose) Backeb. ex E. Salisb - *A. matucanensis* Backeb. ex A.W. Hill -*Aspidosperma* spp., Apoc - **B**: *Bastardia bivalvis* (Cav.) Kunth, Malv - *Bauhinia aculeata* L., Caes - *B. angusti* Harms - *B. weberbaueri* Harms - *Bougainvillea peruviana* Bonpl., Nyct - *B. spectabilis* Willd. - *Brosimum alicastrum* Sw., Mora - *Buddleja americana* L., Budd - *Bunchosia deflexa* Triana & Planch., Malp - *B. plowmanii* W.R. Anderson - *B. pseudonitida* Cuatrec. - *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch., Burs - *Byttneria parviflora* Benth., Ster - **C**: *Caesalpinia cassioides* Willd., Caes - *C. glabrata* Kunth - *C. spinosa* (Molina) Kuntze - *Calliandra taxifolia* (Kunth) Benth., Mimo - *C. tumbeziana* J. F. Macbr. - *Cantua pyrifolia* Juss. ex Lam., Pole - *C. quercifolia* Juss. - *Capparis avicennifolia* Kunth, Capp - *C. crotonoides* Kunth - *C. ecuadorica* H.H. Iltis - *C. flexuosa* (L.) L. - *C. heterophylla* Ruiz & Pav. ex DC. - *C. petiolaris* Kunth - *C. scabrida* Kunth - *Carica microcarpa* Jacq., Cari - *C. parviflora* (A. DC.) Solms - *Casearia mariquitensis* Kunth, Flac - *Cavanillesia platinifolia* (Bonpl.) Kunth, Bomb - *Cecropia litoralis* Snethl., Cecr - *C. obtusifolia* Bertol - *Cedrela odorata* L., Meli - *Ceiba insignis* (Kunth) P.E. Gibbs & Semir, Bomb - *C. trichistandra* (A. Gray) Bakh. - *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg., Ulma - *C. loxensis* C.C. Berg - *Centrolobium ochroxylum* Rose ex Rudd, Faba - *Cercidium praecox* (Ruiz & Pav.) Harms, Caes - *Cereus diffusus* (Britton & Rose) Werderm., Cact - *Cestrum auriculatum* L'Hér., Sola -'*Chionanthus pubescens* Kunth, Olea - *Chloroleucon mangense* (Jacq.) Britton & Rose, Mimo - *Chrysophyllum argenteum* Jacq., Sapo - *C. lucentifolium* Cronquist, Sapo - *Citharexylum chartaceum* Moldenke, Verb - *Citronella ilicifolia* (Sleumer) R.A. Howard, Icac - *Clavija euerganea* J. F. Macbr., Theo - *C. pungens* (Willd. ex Roem & Schult.) Decne - *Clerodendron molle* Kunth, Verb - *Clitoria brachystegia* Benth., Faba - *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst., Euph - *C. urens* (L.) Arthur - *Coccoloba mollis* Casar., Poly - *C. ruiziana* Lindau - *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng., Bixa - *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, Bora - *C. cylindrostachya* (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult., Bora - *C. eriostigma* Pittier - *C. hebeclada* I.M. Johnst - *C. lantanoides* Spreng. - *C. lutea* Lam. - *C. macrantha* Chodat. - *C. macrocephala* (Desv.) Kunth - *Cornutia pyramidata* L., Verb - *Coursetia caribaea* (Jacq.) Lavin, Faba - *C. grandiflora* Benth. - *Crescentia cujete* L., Bign - *Croton menthodorus* Benth., Euph - *C. rivinifolius* Kunth - *C. wagneri* Müll. Arg. - *C.* sp. -*Cryptocarpus pyriformis* Kunth, Nyct - *Cupania cinerea* Poepp., Sapi - *C. latifolia* Kunth - *Cyathostegia mathewsii* (Benth.) Schery, Faba - *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) C. Mart. ex DC., Bign - *Cynometra bauhiniifolia* Benth, Caes - **D**: *Dalea carthagenensis* (Jacq.) J. F. Macbr., Faba - *Delostema lobbii* Seem, Bign - *D. gracile* A.H. Gentry - *D. integrifolium* D. Don - *Dialum guianense* (Aubl.) Sandwith, Caes - *Dictyoloma peruvianum* Planch., Ruta - *Diospyrus inconstans* Jacq., Eben - *Dodonaea viscosa* Jacq., Sapi - *Duranta dombeyana* Moldenke, Verb - **E**: *Echinopsis pachanoi* (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley, Cact - *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns, Bomb - *Erythrina smithiana* Krukoff, Faba - *E. velutina* Willd. - *Erythroxylum glaucum* O.E. Schulz, Eryt - *E. ruizii* Peyr. - *Escallonia micrantha* Mattf., Gros - *Espostoa lanata* (Kunth) Britton & Rose, Cact - *Ficus citrifolia* Mill., Mora - *F. insipida* Willd. - *F. jacobii* Vazq. Avila - *F. maxima* Mill. - *F. obtusifolia* Kunth - *F. pertusa* L.F. - *F. tonduzii* Standl. - *Fulcaldea laurifolia* (Bonpl.) Poir. ex Less., Aste - *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, Phyt - *Geoffroea spinosa* Jacq., Faba - *Gliricidia breningii* (Harms) Lavin, Faba - *Gossypium barbadense* L., Malv - *Guapira* sp., Nyct - *Guarea glabra* Vahl, Meli - *Guazuma ulmifolia* Lam., Ster - **H**: *Heliocarpus americanus* L., Tili - *Hibiscus phoeniceus* Jacq., Malv -*Hippomane mancinella* L., Euph - *Hura crepitans* L., Euph - **I**: *Inga colonchensis* X. Cornejo & Bonifaz, Mimo - *I. oerstediana* Benth. ex Seem - *I. ornata* Kunth - *I. sapindoides* Willd. - *I. vera* Willd. - *Ipomoea carnea* Jacq., Conv - *I. wolcottiana* Rose - **J**: *Jacaranda mimosifolia* S. Don, Bign - *Jacaranda sparrei* A.H. Gentry - *Jacquinea sprucei* Mez, Theo - *Jatropha curcas* L., Euph - **K**: *Krameria lappacea* (Dombey) Burdet & B.B. Simpson, Kram - **L**: *Lafoensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC.,

Lyth - *Lantana trifolia* L., Verb - *Lepechinia mutica* (Benth.) Epling, Lami - *Leucaena trichodes* (Jacq.) Benth., Mimo - *Lippia americana* L., Verb - *Lonchocarpus atropurpureus* Benth., Faba - *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl., Anac - *Lycianthes lycioides* (L.) Hassl., Sola - **M**: *Machaerium millei* Standl., Faba - *Maclura tinctoria* (L.) Steud., Mora - *Malpighia emarginata* DC., Malp - *M. glabra* L. - *Malvastrum tomentosum* (L.) S.R. Hill, Malv - *Mauria heterophylla* Kunth., Anac - *M. membranifolia* Barfod & Holm-Nielsen - *M. suaveolens* Poepp. - *Maytenus octogona* (L'Her.) DC., Cele - *Mimosa acantholoba* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Poir., Mimo - *M. albida* Humb. & Ponpl. ex Willd. - *M. caduca* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Poir. - *M. debilis* Humb. & Bonpl. ex. Willd. - *M. loxensis* Barneby - *M. nothacacia* Barneby - *M. quitensis* Benth. - *M. townsendii* Barneby - *Morisonia americana* L., Capp - *Muntingia calabura* L., Flac - *Myrcia* cf. *splendens* (Sw.) DC, Myrt - *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh, Myrt - *Myroxylon peruiferum* L.f., Faba - **N**: *Nectandra acutifolia* (Ruiz & Pavon) Mez, Laur - *Nicotiana* spp., Sola - **O**: *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., Bomb - *Opuntea soederstromiana* Britton & Rose, Cact - *O. ficus-indica* (L.) Mill. - *O. quitensis* F.A.C. Weber - **P**: *Pachira rupicola* (A. Robyns) W.S. Alverson, Bomb - *Parkinsonia aculeata* L., Caes - *Pavonia sepium* A. St.-Hil., Malv - *Phyllanthus* sp., Euph - *Phytolacca dioica* L., Phyt - *Pilosocereus tweedyanus* (Britto & Rose) Byles & B.G. Rowley, Cact - *Piper lanceifolium* Kunth, Pipe - *P. tuberculatum* Jacq. - *Piptadenia flava* (Spreng. ex DC.) Benth, Mimo - *Piscidia carthagenensis* Jacq., Faba - *Pisonia aculeata* L., Nyct -*P. floribunda* Hook. F. - *Pithocellobium excelsum* (Kunth) Mart., Mimo - *Pradosia montana* T.D. Penn., Sapo - *Priogymnanthus apertus* (B. Ståhl) P.S. Green, Olea - *Prockia crucis* P. Browne ex L., Flac - *P. pentamera* A.H. Gentry - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., Mimo - *P. pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth - *Prunus subcorymbosa* Ruiz & Pav., Rosa - *Pseudobombax guayasense* A. Robyns, Bomb - *P. millei* (Standl.) A. Robyns - *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms, Mimo - *Psidium guajava* L., Myrt - *P. guineense* Sw. - *P. sartorianum* (O. Berg.) Nied. - *Pterocarpus* sp., Faba - **R**: *Randia* sp., Rubi - *Rauwolfia tetraphylla* L., Apoc - *Ricinus communis* L., Euph - *Roupala obovata* Kunth, Prot - *Ruprectia jamesonii* Meins, Poly - **S**: *Salacia* sp., Hipp - *Salix humboldtiana* Willd., Sali - *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J.W. Grimes, Mimo - *Sapindus saponaria* L., Sapi - *Schinus molle* L., Anac - *Schmardaea microphylla* (Hook.) H. Karst. ex. Müll. Hal., Meli - *Scutia spicata* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) Weberb., Rham - *Senna cajamarcae* H.S. Irwin & Barneby, Caes - *S. incarnata* (Pav. Ex Benth.) H.S. Irwin & Barneby - *S. macranthera* (DC.ex Collad.) H.S. Irwin & Barneby - *S. mollissima* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby - *S. occidentalis* (L.) Link - *S. oxyphylla* (Kunth) H.S. Irwin & Barneby - *S. pistaciifolia* (Kunth) H.S. Irwin & Barneby - *S. robiniifolia* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby - *S. spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby - *Sideroxylon obtusifolium* (Roem & Schult) T.D. Penn., Sapo - *Simira ecuadorensis* (Standl) Steyerm., Rubi - *Siparuna eggersii* Hieron, Moni - *Solanum confertiseriatum* Britton, Sola - *S. hazenii* Britton - *Sorocea sprucei* (Baill.) J.F. Macbr., Mora - *S. trophoides* W.C. Burger - *Spondias purpurea* L., Anac - *Stemmadenia obovata* (Hook. & Arn.) K. Schum., Apoc - *Styrax tomentosus* Humb. & Bonpl., Styr - **T**: *Tabebuia bilbergii* (Bureau & K. Schum.) Standl., Bign - *T. chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson - *Tecoma castanifolia* (D. Don) Melch., Bign - *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth - *Terminalia valverdeae* A.H. Gentry, Comb - *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum., Apoc - *Tournefortia bicolor* Sw., Bora - *T. polystachya* Ruiz & Pav., Bora - *Trema micrantha* (L.) Blume, Ulma - *Trichilia elegans* A. Juss., Meli - *T. hirta* L. - *Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey. ex C.A. Mey., Poly -*Triumfetta semitriloba* Jacq., Tili - **U**: *Urera caracasana* (Jacq.) Griseb., Urte - **V**: *Vallesia glabra* (Cav.) Link, Apoc - *Verbesina pentantha* S.F. Blake, Aste - *Vernonanthura patens* (Kunth) H. Rob., Aste - *Vitex gigantea* Kunth, Verb - **W**: *Wedelia grandiflora* Benth, Aste -*Wigandia crispa* (Tafalla ex Ruiz & Pav.) Kunth, Hydr - **Y**: *Yucca guatemalensis* Baker, Agav - **Z**: *Zanthoxylum cf. fagara* (L.) Sarg., Ruta - *Z. rigidum* Humb & Bonpl. ex Willd - *Zapoteca andina* H.M. Hern, Mimo - *Z. caracasana* (Jacq.) H.M. Hern - *Zizyphus thyrsiflora* Benth., Rham.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 188-204.

Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles

Orlando Sánchez[1], Lars Peter Kvist[2] & Zhofre Aguirre[1]

[1]Herbario LOJA, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. E-mail: herbario@unl.edu.ec
[2]Instituto de Biología, Universidad de Aarhus, Ny Munkegade 1540, 8000 Aarhus C., Dinamarca
email: lars.kvist@biology.au.dk

Abstract

Based at semi-structured and structured interviews with 85 and 357 informants, respectively, we describe and discuss the plants used in mestizo communities residing in the dry forests of southwestern Ecuador (the Macará and Zapotilla municipalities in the province of Loja). In this area 80 species are used for 200 different purposes. Products extracted from *Prosopis juliflora*, *Ceiba trichistandra*, *Myroxylon peruiferum*, *Bursera graveolens* y *Malpighia emarginata* are commercialized, but many more extracted products serve for subsistence. Prevalent among these uses are fire-wood (24), wood for houses (23), fences (23), forage for domestic animals, human medicine, and handicraft (each 19 uses). Many uses - particularly for construction and fences remain frequent - but few medicinal plants are commonly applied. There exists a considerable diversity of plant products serving technical purposes (for laundry, plant colors, ropes, poisons for fishing, insecticides) but the industrial innovation (soap, synthetic colors, nails, wire, pesticides) have replaced many these vegetative products, and few, mostly elder persons continue these practices. However, the potentials of some of these plants, particularly *Sapindus saponaria* y *Gouania* sp. for laundry and *Piscidia carthagenensis* for fishing, remain known by most local people. The present study was compared with ethno-botanical works undertaken in dry forests in western Ecuador (in the Guayas and Manabí provinces). A total of 144 woody species grow in both regions, and 91 of these are used in at least one of the regions, and 35 species are used in both. However, many of the latter species has different uses in the two regions, and less than half of their applications in Loja have been recorded from Guayas and/or Manabí.

Key words: Ethnobotany, Extraction, Subsistence products, Medicinal plants.

Resumen

En base de entrevistas semiestructurados (85 informantes) y estructurados (357 informantes) se describe y discute el uso de plantas usadas en comunidades mestizas que residen en los bosques secos del suroccidente de Ecuador (municipios Macará y Zapotillo, provincia Loja). De esta zona se reportan 80 especies útiles con un total de 200 usos. Se comercializan productos extraidos de *Prosopis juliflora*, *Ceiba trichistandra*, *Myroxylon peruiferum*, *Bursera graveolens* y *Malpighia emarginata*, pero la gran mayoría de estos productos es para subsistencia, entre los que se destacan leña (24), madera para casas (23), cercos, forraje para animales domésticos, medicina humana y herramientas (todos 19 usos). Muchos usos - en particular para construcción y leña - todavía son frecuentes, pero pocas plantas medicinales son comúnmente usadas. Existe una variación considerable de uso para fines técnicos (p.ej. lavado de ropa, tintes, elaboración de sogas, venenos para pesca, insecticidas) pero por la innovación industrial (jabón, tintes sintéticos, clavos, alambre, pesticidas) que ha sustituido productos de las plantas, pocas personas y en general mayores de edad continúan estas prácticas. Sin embargo, todavía son comúnmente reconocidos los potenciales de algunas de estas plantas, en particular de *Sapindus saponaria* y *Gouania* sp. para lavar ropas y *Piscidia carthagenensis* para la pesca. Finalmente al comparar los resultados de esta investigación con publicaciones etnobotánicas realizadas en bosques secos del litoral de Ecuador (provincias Guayas y Manabí) se define que existen 144 especies leñosas compartidas, 91 de éstas son usadas en por lo menos una de las zonas y 35 en ambas. Sin embargo, estas últimas especies en muchos casos son usadas para distintos propósitos en las zonas de estudio y menos de la mitad de los usos de estas plantas en Loja también ha sido registrada en el litoral.

Palabras clave: Etno-botánica, Extracción, Productos de subsistencia, Plantas medicinales.

Introducción

Existen varios estudios sobre usos de plantas en los bosques húmedos del norte de la costa y del Oriente ecuatoriano (ver revisión bibliográfica de Cerón 2002a). En contraste, pocos investigadores han estudiado los usos de la flora en los bosques secos. Desde la costa en las provincias de Guayas y Manabí, los principales estudios son: Madsen *et al.* (2001) en la isla Puna en el Golfo de Guayaquil, Cerón (1996, 2002b) en dos zonas protegidas cerca de Guayaquil, Cerón (1993) y Hernández & Josse (1997) en el Parque Nacional Machalilla en Manabí. Además Valverde (1998) presenta una descripción generalizada de las plantas usadas por la población en el litoral del Ecuador, en particular en las provincias de Guayas y Manabí. Sin embargo, existe poca información sobre la etnobotánica de las demás zonas secas del país. Cerón (1994) estudió los valles interandinos de Guayllabamba y Chota, ubicados al norte de Quito, mientras que Béjar *et al.* (2001) describieron las plantas medicinales usadas en el valle de Vilcabamba, en el sur de Ecuador. Van den Eynden *et al.* (1999, 2003) estudiaron las plantas comestibles del sur del Ecuador, incluyendo las zonas secas. Finalmente, Aguirre *et al.* (2001) y Chiriboga & Morcillo (2001) incluyeron las primeras observaciones etnobotánicas desde los bosques secos, ubicados en el extremo suroccidental del Ecuador en la provincia de Loja. La presente contribución se centra en estos bosques.

Los municipios de Macará y Zapotillo ubicados en la frontera con el Perú abarcan extensiones importantes de los bosques secos (Ministerio del Ambiente *et al.* 2000). Neill (2000) menciona que presentan un buen estado de conservación. Vásquez *et al.* (2001) y Chiriboga & Andrade (2005) presentan datos biológicos y socioeconómicos preliminares de esta zona, basados en evaluaciones ecológicas rápidas. El Herbario LOJA (2001) describe la zonificación y composición florística de estos bosques. Sin embargo, casi no existen estudios científicos de botánica ni etnobotánica en esta zona y por tal motivo en 2004 los autores del presente trabajo iniciaron investigaciones en el sur-occidente de Loja. Se instalaron dos cuadrantes permanentes y los usos de las plantas fueron determinados mediante entrevistas semiestructuradas y estructuradas, realizadas aproximadamente desde 130 hasta 1.000 m. La altitud menor corresponde a la frontera con el Perú y la mayor al límite superior –donde crece *Ceiba trichistandra*– un árbol dominante en la zona de estudio. La presente contribución describe el uso de la flora silvestre en la zona suroccidental de Loja, discute cambios del uso de las plantas durante las últimas décadas y compara con los usos de plantas registradas en el litoral del Ecuador, en particular en Guayas y Manabí por Cerón (1993, 1996) y por Madsen *et al.* (2001).

Bosques secos de Ecuador

En el Ecuador se encuentran bosques secos a lo largo de la costa o litoral, en particular hacia el S y en valles interandinos de la sierra ubicados desde 1.000-2.600 m. Lozano (2002) comparó varias clasificaciones existentes de las formaciones de bosques secos de Ecuador y Aguirre *et al.* (en este volumen) incluyen una descripción actualizada de los bosques secos de Ecuador. Con respecto a la vegetación de la costa, Cerón *et al.* (1999) reconocieron a las subregiones sur, centro y norte. El sur abarca las partes bajas de las provincias de El Oro y Loja incluyendo los cantones de Macará y Zapotillo. Los bosques de esta zona son considerados como la continuación de formaciones áridas y semiáridas del N de Perú. El centro abarca otros bosques secos donde se realizaron estudios etnobotánicos: La Isla de Puna, la Reserva Ecológica Manglares-Churute y Cerro Blanco en Guayas, mientras que en Manabí: Parque Nacional Machalilla. Respecto a los valles secos interandinos, Valencia *et al.* (1999) reconocieron a las subregiones centro/N y S, donde están incluidos los valles de Loja.

Zona de estudio

El área de estudio se ubica en los cantones de Macará y Zapotillo (Figura 1). Macará tiene una extensión de 599 km ≤ con altitudes desde 295 m hasta 2.460 m. Sin embargo, un 80% de la superficie se encuentra por debajo de los 1.000 m de altitud. Las temperaturas medias oscilan desde 18-22°C y la precipitación desde 400-900 mm/año (Valladolid & Vidal 1990). Macará cuenta con una población de 18.350 habitantes (INEC 2001). En las partes bajas, la economía está basada en el cultivo de caña de azúcar, arroz, yuca, maní y frejol. A mayor altitud se encuentran cultivos de café bajo sombra de guineo y guabas (*Inga* sp.), así como pastos bajo riego para ganadería (Proyecto Bosque Seco 1998). Zapotillo tiene una extensión de 1.265 km, variando desde 130 hasta 1.100 m. La temperatura media de las partes bajas es 25ºC, y de 21ºC las partes altas; la precipitación media anual oscila de 400-700 mm/año (Valladolid & Vidal 1990). La población es de 10.940 habitantes (INEC 2001). La sequía limita la producción agrícola. En temporada lluviosa se cultiva cebolla y ajo, mientras que en verano se encuentran pequeñas extensiones de cebolla, camote, maní y ajo en los lechos de las quebradas (Proyecto Bosque Seco 1998).

Métodos

El presente estudio se basó en entrevistas etnobotánicas semiestructuradas y estructuradas, aplicadas en 22 y nueve comunidades, respectivamente; la ubicación geográfica de las comunidades Macará y Zapotillo se presenta en la figura 1. En la tabla 1 se observa el número de encuestados y su distribución por sexo y edad. Los 85 informantes en entrevistas semiestructuradas fueron elegidos en base al conocimiento sobre el uso de las plantas. Por ello, la edad promedio es relativamente alta (47 años). Se tuvo dominancia de los hombres (56%), posiblemente debido a que generalmente pasan más tiempo en los

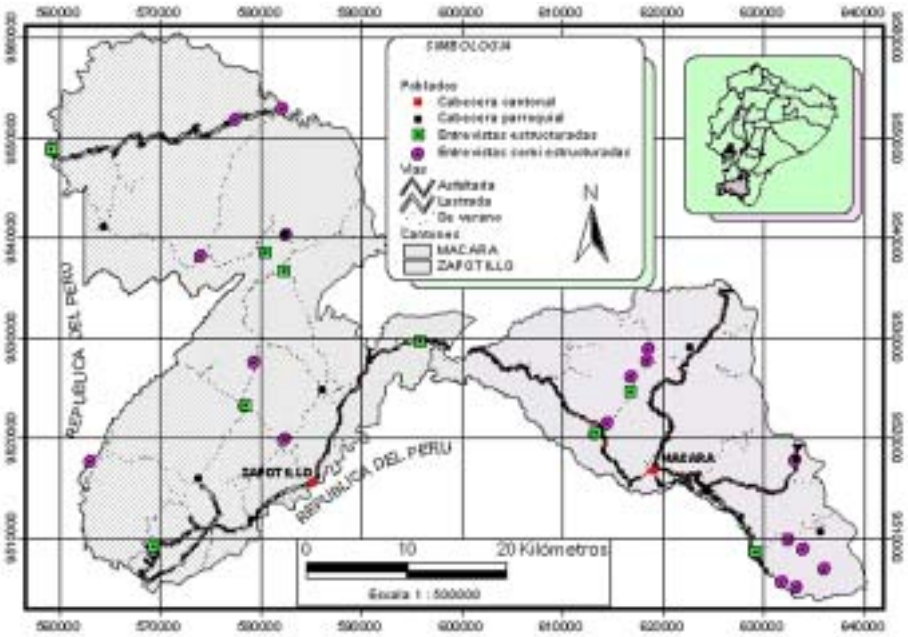


Fig. 1: Ubicación de las comunidades estudiadas en Macara y Zapotillo, Loja, Ecuador.

bosques en relación a las mujeres. Por el contrario, los 357 informantes de entrevistas estructuradas presentan una muestra más representativa de la distribución de sexos (49% hombres), rangos de edad (promedio 39 años) y niveles socioeconómicos.

Ambas categorías de entrevistas fueron realizadas mediante formularios preelaborados por los investigadores y para evitar la incidencia de otras personas en las respuestas, las entrevistas fueron personales. En el cuestionario semiestructurado se basa en una lista de 16 categorías de uso definidas por los investigadores, intentando abarcar todas las aplicaciones significativas de las plantas silvestres en la zona de estudio. A cada informante se preguntó si conocía plantas que servían para cada uno de esos 16 propósitos, p.e. "cuáles plantas podrían servir para lavar ropa o cabello?" De cada planta reportada, al informante adicionalmente se le preguntó sobre la parte usada, la preparación y cómo se la usaba. De acuerdo a Phillips & Gentry (1993), se definió al uso como la utilidad de una planta específica para un propósito específico y un registro de uso, como un informante que reporta un uso (es decir, el informante X reporta cuál planta Y es útil para Z propósito). Se agrupó a las mencionadas 16 subcategorías de usos en cinco categorías principales (construcción, usos técnicos, medicina, comestible y fines sociales, considerando la leña aparte) reconocidas por Kvist *et al.* (1995).

En el cuestionario estructurado, se mencionan (en orden alfabético) a los nombres locales de 30 especies comúnmente conocidas y representativas de la zona en estudio. Además, para cada especie se enumera entre uno y tres de sus usos específicos, sumando 52 usos potenciales, entre ellos usos aún frecuentes y usos actualmente poco realizados (especies y usos elegidos en base al estudio semiestructurado). Se realizó una entrevista estructurada a cada informante, preguntando por el propósito para el cual sirve cada una de las 30 especies. Cada vez que un informante mencionaba uno de los 52 usos preseleccionados, se le preguntaba si actualmente él usa, lo usaba antes o si sus padres/abuelos lo usan o usaban; p.e. a la sota (*Maclura tinctoria*) para construcción.

Para comparar los usos de árboles y arbustos nativos presentes en el sur-occidente de Loja con las partes secas de Guayas y Manabí también se realizó un trabajo bibliográfico, registrando el uso de árboles y arbustos en el litoral del Ecuador en base a trabajos de Cerón (1993, 1996) y Madsen *et al.* (2001).

Resultados y discusión

Se presenta y discute I) los datos referentes al uso tradicional (anterior) y actual de las plantas nativas en el sur-occidente de Loja y II) el nivel de concordancia entre usos de las plantas en la

Tabla 1: Informantes evaluados. Se presenta los datos de las entrevistas estructuradas y semiestructuradas, el número de informantes y su distribución por sexo, edad y sus promedios.

Edades	Informantes estructurados			Informantes semi-estructurados		
Rangos de	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
informantes	357	174	183	85	48	37
9–19	81	49	32	4	3	1
20–39	109	43	66	23	8	15
40–59	96	41	55	40	25	15
60–87	71	41	30	18	12	6
Promedio	38.9	38.3	39.5	46.6	48.9	43.6

zona de estudio con las del litoral (Guayas-Manabí) de Ecuador. En el apéndice 1 se encuentra en orden alfabético las especies mencionadas en el presente trabajo, además de la denominación vernacular en la zona de estudio.

Resultados - Sudoccidente de Loja

Las tablas 2 y 3 presentan los resultados de las entrevistas semiestructuradas y la tabla 4 de las entrevistas estructuradas. En la primera fila de la tabla 2 aparece la distribución de los registros de uso mencionado durante las entrevistas semiestructuradas en seis categorías principales (incluyendo leña) y las 17 subcategorías de usos. El total de registros de usos fue de 2.355, correspondiendo a un promedio de aproximadamente 28 por informante (de los 85). En la siguiente columna se muestra la distribución porcentual de los registros de uso y en la tercera el número de usos por categoría y subcategoría. Por ejemplo, para la categoría medicina/ sociales los informantes conocían 29 diferentes usos reportados en 142 ocasiones. Esto corresponde al 6% de los registros de uso, que es producto de la suma de las subcategorías medicina humana (4.3%), medicina veterinaria (1.1%) y uso social (0.6%). Finalmente, aparecen a la izquierda de la tabla los números por categoría de usos mencionados como mínimo por cuatro diferentes informantes. Se puede observar por ejemplo que 11 de los 19 usos medicinales fueron reportados por más de tres informantes y a nivel general los números totales de usos y registros son 200 y 134, respectivamente.

En la tabla 3 se presenta el listado de las plantas útiles reportadas en las entrevistas semiestructuradas, que aparecen de acuerdo a las 17 subcategorías de uso (tabla 2) y con información complementaria referente a su preparación y aplicación. Dentro de las categorías individuales, las plantas son ordenadas de acuerdo al porcentaje de los 85 informantes que conocían el uso. Con el fin de limitar espacio y evitar información de poca importancia, no se han incluido usos reportados con frecuencias por debajo del 5% (correspondiente a cuatro informantes) y limitado el número de especies listadas por categoría a un máximo de 10. Así, el número de usos enumerados ha sido reducido de 200 a 98. Sin embargo, en las diferentes categorías se nota una variación desde usos bien conocidos, hasta los conocidos por relativamente pocos informantes.

En la tabla 4 se listan los usos incluidos en cuestionarios estructurados (excepto la categoría forraje), organizados en base a las categorías y subcategorías aplicadas en las tablas 2 y 3. La primera columna presenta el porcentaje de los 357 informantes que reportan conocer el uso y comparando con la tabla 3, se nota concordancia entre los resultados semiestructurados y estructurados, coincidiendo con los usos poco/muy conocidos. La mayoría de los usos todavía es frecuente, pero algunos han sido casi olvidados (altos valores en las filas 4 y 5) y los encuestados conocen pocos usos que ellos mismos y su familia nunca realizaron (pocos registros en la fila 6), deduciendo en general que aprenden las potencialidades de las plantas de sus padres/ abuelos. Esto indica que rara vez se discute sobre las plantas útiles con otras personas (vecinos no relacionados), constituyendo un factor adicional que impulsa a la pérdida del conocimiento. Se puede notar una correlación entre los usos actualmente menos realizados, con la edad mayor promedio de los informantes. En particular, esta relación es notable para plantas usadas para lavar ropa, teñir, hacer sogas y pescar.

Discusión - Sudoccidente de Loja

Se discute el uso actual y los cambios en el uso de las plantas en los bosques secos del SW de Ecuador, en base a las seis categorías de usos principales (tablas 2, 3 y 4).

Tabla 2: Número de usos registrados en las entrevistas semiestructuradas, distribuidos por categorías y subcategorías de usos (en los cuestionarios habían 16 categorías, pero posteriormente las subcategorías 3 y 4 fueron separadas, resultando en 17 categorías). Para todas las categorías aparece el número de registros de uso (definido como una familia que informa sobre el potencial de una especie para un propósito determinado). También aparece la distribución porcentual de los registros de usos y el número de usos registrados por categoría (definido como el potencial de una especie para tal propósito).

Categoría	Subcategoría	Número de registros de uso	Porcentaje de registros de uso	Número total de usos	Usos con más de 3 registros
	Total (registro-de-usos)	2.355	100.0	200	134
	Total (especies útiles)			80	62
Construcción	Subtotal	705	29.9	50	40
	1 Construcción	366	15.5	23	19
	2 Cercos	277	11.8	19	14
	3 Amarrar en construcción	62	2.6	8	7
Uso técnico	Subtotal	646	27.4	58	28
	4 Amarres-textiles	142	6.0	1	1
	5 Herramientas	114	4.8	19	7
	6 Preparar quesos	57	2.4	5	4
	7 Lavar ropas	176	7.5	10	5
	8 Tintes	18	0.8	5	2
	9 Venenos para pescar	83	3.5	6	4
	10 Matar/alejar animales	56	2.4	12	5
Medicina/social	Subtotal	142	6.0	29	17
	11 Medicina humana	101	4.3	19	11
	12 Medicina veterinaria	26	1.1	8	4
	13 Uso social	15	0.6	2	2
Alimentos	Subtotal	518	22.0	32	26
	14 Frutas	173	7.3	13	12
	15 Forraje	345	14.6	19	14
Venta	Total	47	2.0	7	5
	16 Venta	47	2.0	7	5
Leña	Subtotal	297	12.6	24	18
	17 Leña	297	12.6	24	18

Tabla 3: Resultados de entrevistas semiestructuradas con las especies más importantes en las diferentes subcategorías de uso y registradas de acuerdo al porcentaje de los (85) informantes semiestructurados, reportando su potencial. Se incluye un máximo de 10 especies por categoría (sumando 98 usos) y se describe el uso de cada especie.

Tabla 3.1. Construcción de casas			
Tabebuia chrysantha	Bign	59	Vigas y pilares
Simira ecuadorense	Rubi	55	Turbos y vareados
Terminalia valverdeae	Comb	53	Vigas
Piscidia carthagenensis	Faba	48	Vigas y pilares
Loxopterygium huasango	Anac	38	Pilares, bases y tabiques
Cordia macrantha	Bora	27	Turbos
Maclura tinctoria	Mora	26	Pilares, vigas y bases
Gynerium sagittatum	Poac	20	Vareados de techo y en paredes
Cochlospermum vitifolium	Bixa	7	Tejas
Tabla 3.2. Cercos			
Loxopterygium huasango	Anac	80	Estacado (postes)
Simira ecuadorensis	Rubi	45	Vareados
Prosopis juliflora	Mimo	40	Postes
Piscidia carthagenensis	Faba	40	Postes
Tabebuia chrysantha	Bign	29	Postes
Maclura tinctoria	Mora	19	Postes
Cordia lutea	Bora	18	Postes y vareado
Centrolobium ochroxylum	Faba	9	Postes
Terminalia valverdeae	Comb	9	Postes
Tabla 3.3. Amarrar casa y cercas			
Macranthisiphon longiflorus	Bign	73	Amarre cercos y vareque - cultivos (orillado)
Tabla 3.4. Amarrar, tejer y lana			
Eritheca ruizii	Bomb	75	Sogas para amarrar animales
Furcraea andina	Agav	48	Sogas para amarrar animales
Ceiba trichistandra personal	Bomb	15	Almohadas, lana y colchones de uso
Ceiba trichistandra	Bomb	7	Sogas para amarrar animales y cercas
Guazuma ulmifolia	Ster	7	Sogas para amarrar animales y cercas
Cordia macrantha	Bora	7	Sogas para amarrar animales y cercas
Cavanillesia platinifolia	Bomb	6	Sogas para amarrar animales y cercas
Tabla 3.5. Herramientas			
Pisonia aculeata	Nyct	36	Tramojos (chanchos/chivos no entren cultivos), lomillos, bateas.
Guazuma ulmifolia	Ster	22	Lomillos (los codos del lomillo), cucharas
Simira ecuadorense	Rubi	20	Batidores para las sopas y cucharas
Cordia lutea	Bora	13	Machos (pilar el arroz), cabos de palas, hachas y tramojos
Acacia macracantha	Mimo	11	Tramojos (para evitar animales en cultivos)
Geoffroea spinosa	Faba	6	Cabos de hachas, palas
Tabebuia chrysantha	Bign	6	Cabos de hacha
Tabla 3.6. Hacer quesos de chivo			
Simira ecuadorense	Rubi	32	Envolver quesos
Eriotheca ruizii	Bomb	19	Pitas para amarrar quesos
Piscidia carthagenensis	Faba	11	Aros para hacer quesos
Guazuma ulmifolia	Ster	5	Aros para hacer quesos

Tabla 3.7. Lavar ropas y/o cabello			
Sapindus saponaria	Sapi	86	Lavar ropa y a veces el cabello
Gouania sp.	Indet.	68	Lavar ropa y cabello
Furcraea andina	Agav	15	Lavar ropa gruesa, sudaderas - caballo y cobijas
Zizyphus thyrsiflora	Rham	14	Lavar ropa y cabello
Phytolacca rivinoides	Phyt	14	Lavar ropa
Tabla 3.8 Tintes (de lana)			
Eriotheca ruizii	Bomb	6	La corteza tine lana color café
Maclura tinctoria	Mora	6	La corteza tine lana color amarillo
Tabla 3.9. Para pescar			
Piscidia carthagenensis	Faba	66	La raíz para pescar
Polygonum hydropiperoides	Poly	15	La planta para pescar
Phyllanthus sp.	Euph	9	Las ramas para pescar
Furcraea andina	Agav	5	Las hojas para pescar
Tabla 3.10. Para matar/alejar insectos/animales			
Bursera graveolens	Burs	25	Alejar zancudos se quema el duramen
Piscidia carthagenensis	Faba	12	Matar piojos del chivo
Polygonum hydropiperoides	Poly	7	Matar pulgas
Parthenium hysterophorus	Aste	6	Matar pulgas
Thevetia pevuviana	Apoc	5	Matar aves y plagas de cultivos
Tabla 3.11. Medicina humana			
Piper sp.	Pipe	11	Lavar heridas y granos
Prosopis juliflora	Mimo	9	La corteza sirve para diarreas y dolor de estómago
Myroxylon peruiferum	Faba	9	Heridas, úlceras, tumores, diabetes
Jatropha curcas	Euph	9	Desparasitante (semilla), para hemorragias (látex)
Triumfetta althaeoides	Tili	8	Desinflamar (aguas de la corteza y raíz)
Hyptis sp.	Lami	8	Dolor de estómago (resfríos)
Solanum americanum	Sola	7	El guatazo (inflamación de piel por insecto), dolor de cabeza
Cordia lutea	Bora	7	Heridas (cicactrizante), dolores de estómago
Bursera graveolens	Burs	7	Dolor de huesos/articulaciones (aplicar la resina con kerex)
Verbena litoralis	Verb	6	Lavar granos y heridas
Tabla 3.12. Uso veterinario			
Bursera graveolens	Burs	15	Peste: sahumar chivos y gallinas
Cordia lutea	Bora	9	Se estrema las cabras
Cordia lutea	Bora	6	Lavar heridas infectadas de animales (luna)
Tabla 3.13. Fin social			
Tillandsia usneoides	Brom	11	Uso ritual en Navidad
Hylocereus polyrhizus	Cact	7	Pintarse en carnaval
Tabla 3.14. Frutos comestibles			
Malpighia emarginata	Malp	27	Muy consumida (se suele hacer conservas)
Muntingia calabura	Flac	27	Regulamente consumida
Hylocereus polyrhizus	Cact	21	Regulamente consumida
Cereus diffusus	Cact	18	Regulamente consumida
Maclura tinctoria	Mora	15	Poco consumo
Cordia lutea	Bora	14	Poco consumo
Coccoloba ruiziana	Poly	11	Regulamente consumida

Tabla 3.15. Forraje de animales			
Prosopis juliflora	Mimo	79	Cabras y vacunos
Acacia macracantha	Mimo	66	Cabras y vacunos
Caesalpinia glabrata	Caes	52	Cabras y vacunos
Ceiba trichistandra	Bomb	49	Cabras (flores) y vacunos (calabaza)
Guazuma ulmifolia	Ster	34	Cabras y burros
Celtis iguanaea	Ulma	33	Cabras
Albizia multiflora	Mimo	25	Cabras y vacunos
Cordia lutea	Bora	12	Cabras y chanchos
Tabebuia chrysantha	Bign	11	Cabras
Pisonia aculeata	Nyct	9	Cabras
Tabla 3.16. Venta de productos			
Bursera graveolens	Burs	18	Duramen en astillas
Ceiba trichistandra	Bomb	14	Calabaza para ganado
Ceiba trichistandra	Bomb	12	Algodón
Prosopis juliflora	Mimo	11	Algarrobina
Myroxylon peruiferum	Faba	9	Para medicina
Tabla 3.17. Leña			
Acacia macracantha	Mimo	60	Mejor, muy utilizada y abundante
Prosopis juliflora	Mimo	49	Mejor, muy utilizada y abundante
Piscidia carthagenensis	Faba	28	Regular usada como complemento
Simira ecuadorensis	Rubi	28	Regular usada como complemento
Bursera graveolens	Burs	25	Prender la candela
Caesalpinia glabrata	Caes	22	Regular usada como complemento
Terminalia valverdeae	Comb	21	Regular usada como complemento
Bursera graveolens	Burs	6	Alumbra en las noches

Construcción

Durante los recorridos por las comunidades de Macará y Zapotillo se nota que la mayoría de las viviendas contienen materiales de construcción extraidos de los bosques de la zona. Los datos mencionados en las tablas 3.1.-3.3. y 4 corroboran esta observación: La mayoría de las personas de las comunidades rurales todavía conoce y usa árboles nativos para la construcción de casas y cercos. La figura 2 muestra una casa típica de la zona y explica los términos (nombres) locales para las partes que la conforman (tabla 3.1). Muchas maderas sirven para estructuras aéreas (vigas, turbos/canecillos, vareado), pero pocas resisten un largo tiempo en el suelo (pilares y bases). Las más resistentes para pilares (horcones) y postes (bases) son: *Loxopterygium husango*, *Maclura tinctoria*, *Centrolobium ochroxylum* y *Tabebuia chrysantha*. Estas especies fueron explotadas por la industria maderera y por eso son escasas en muchos lugares; generalmente se necesitan de árboles maduros (duramen), por lo tanto a menudo se usan especies menos resistentes, pero más abundantes (ver tabla 3.1).

Algunos usos destinados para construcción han desaparecido. Antiguamente se usaba las cortezas partidas de *Cochlospermum vitifolium* para techos de las casas, pero ahora solo se observa esa aplicación para chozas de caprinos y porcinos. Pocas personas locales usan actualmente los tallos de *Macranthisiphon longiflorus* para amarrar casas (de bareque) y cercos. Dependiendo de las facilidades económicas, se acostumbra suplir conalambre y clavos. Sin embargo, la mayoría de los entrevistados, incluyendo los jóvenes, conoce el potencial de esta liana (ver las filas 4 y 5 en tabla 4).

Tabla 4: Resultados de entrevistas estructuradas. Los datos son ordenados según categorías y subcategorías de uso (como en tablas 2 y 3). La columna 1 da el porcentaje de los 357 informantes que conocían el uso de plantas para cada uno de los propósitos listados y el valor de esa columna es el producto de la suma de las próximas cinco columnas: 2) Informantes que siguen usando frecuentemente la planta, 3) que actualmente la usan rara vez, 4) que la usaban antes, 5) que nunca la usaban pero tienen/tenían padres y/o abuelos que la usan y 6) que nunca la usaban y no conocen el uso de familiares cercanos. Además la columna 7 da el porcentaje de los informantes (columnas 2 a 5) que siguen usando la planta frecuentemente, mientras que los usos realizados por menos del 50% de los informantes han sido resaltados con negrita. Finalmente la columna 8 presenta la edad promedio de los informantes (informantes incluidos en las columnas 2 a 5).

Usos de planta	Nombre	Conoce uso	Freq. uso	Poco uso	Usaban antes	Padres usaban	Sabe de otros	% que sigue	Promedio de edad
Suma de todos los usos									43
Construcción									
1 Casas	*Simira ecuadorensis*	65.0	59.7	2.2	0.8	0.3	2.0	95	43
1 Casas	*Tabebuia chrysantha*	63.9	57.1	3.1	1.1	0.3	2.2	93	43
1 Casas	*Loxopterygium huasango*	53.8	48.2	3.4	2.2	0.0	0.0	90	42
1 Casas	*Piscidia carthagenensis*	51.0	48.2	0.6	0.6	0.6	1.1	97	43
1 Casas	*Maclura tinctoria*	44.5	40.1	2.5	0.6	0.3	1.1	92	46
2 Cercos	*Loxopterygium huasango*	79.3	74.8	3.1	1.4	0.0	0.0	94	41
2 Cercos	*Simira ecuadorensis*	72.8	70.6	0.6	0.6	0.3	0.8	98	40
2 Cercos	*Terminalia valverdeae*	25.5	21.8	3.1	0.0	0.6	0.0	86	42
3 Amarrar casas	*Macranthisiphon longiflorus*	74.5	12.9	24.6	30.5	5.6	0.8	17	41
Uso técnico									
4 Colchones	*Ceiba trichistandra*	66.9	45.4	10.4	9.0	0.8	1.4	69	42
4 Hacer soga	*Furcraea andina*	59.4	10.1	19.0	23.2	3.6	3.4	18	47
4 Hacer soga	*Eriotheca ruizii*	39.2	9.5	7.6	19.9	2.2	0.0	24	48
5 Hacer mangos	*Pisonia aculeata*	25.2	13.4	0.6	1.1	3.4	6.7	73	50
6 Envolver quesos	*Simira ecuadorensis*	52.9	48.5	0.6	2.8	0.0	1.1	94	41
7 Lavar ropas	*Sapindus saponaria*	67.2	1.7	8.4	24.6	30.8	1.7	3	46
7 Lavar ropas	*Gouania* sp.	67.2	2.8	10.1	27.2	26.9	0.3	4	48
7 Laver cabello	*Gouania* sp.	18.2	5.0	4.5	5.0	3.6	0.0	28	54
7 Lavar ropas	*Zizyphus thyrsiflora*	9.8	1.1	0.0	6.2	2.5	0.0	11	61
7 Lavar ropas	*Furcraea andina*	5.9	0.3	0.6	3.4	0.8	0.8	6	61
8 Tintes	*Acacia macracantha*	2.8	1.1	0.3	0.6	0.0	0.8	57	65
8 Tintes	*Eriotheca ruizii*	2.5	0.6	0.0	0.8	0.8	0.3	25	62
9 Tóxico, pescar	*Piscidia carthagenensis*	50.3	15.5	12.9	12.0	3.9	5.9	35	45
9 Tóxico, pescar	*Polygonum hydropiperoides*	22.1	7.8	5.9	6.7	0.6	1.1	37	45
9 Tóxico, pescar	*Phyllanthus* sp.	19.9	7.8	5.0	5.6	0.3	1.1	42	49
10 Alejar Insectos	*Bursera graveolens*	55.5	54.1	1.1	0.3	0.0	0.0	97	40
10 Matar insectos	*Hyptis* sp.	3.6	3.4	0.2	0.0	0.0	0.0	94	54
10 Matar pulgas	*Polygonum hydropiperoides*	3.4	1.7	0.8	0.8	0.0	0.0	52	56
Medicina/social									
11 Heridas	*Piper* sp.	69.2	64.7	3.1	0.0	0.6	0.8	95	41
11 Heridas	*Myroxylon peruiferum*	44.8	31.9	5.9	2.2	0.3	4.5	79	43
11 Dolor estomago	*Hyptis* sp.	33.3	30.8	1.7	0.6	0.0	0.3	93	44
12 Chivos, estremar	*Cordia lutea*	49.0	37.2	3.4	8.1	0.3	0.0	76	40
12 Chivos, piojos	*Piscidia carthagenensis*	9.9	9.0	0.9	0.0	0.0	0.0	91	46
13 Pintar, Carnaval	*Hylocereus polyrhizus*	30.0	28.3	0.6	0.8	0.0	0.3	95	49
Alimentos									
14 Frutos	*Hylocereus polyrhizus*	49.0	40.6	4.2	1.4	0.6	2.2	87	41
14 Frutos	*Malpighia emarginata*	44.5	43.1	1.1	0.3	0.0	0.0	97	46
14 Frutos	*Celtis iguanaea*	10.9	8.1	1.4	0.6	0.0	0.8	81	42

Venta										
16	Venta	*Bursera graveolens*	12.0	11.2	0.3	0.3	0.0	0.3	95	43
Leña										
17	Prender leña	*Bursera graveolens*	60.5	59.4	0.8	0.0	0.0	0.3	99	39
17	Leña	*Prosopis juliflora*	55.5	53.8	0.8	0.3	0.0	0.6	98	40
17	Leña	*Acacia macracantha*	44.3	42.9	0.7	0.5	0.3	0.0	97	41
17	Lumbre	*Bursera graveolens*	13.4	6.7	6.1	0.3	0.0	0.3	51	51
17	Leña	*Cordia lutea*	5.9	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	100	36

Uso técnico

Respecto a los usos técnicos de las plantas existe una considerable diversidad en la zona (tabla 3). Sin embargo, la tabla 4 demuestra una llamativa pérdida de estos conocimientos y prácticas. El teñido de lana/algodón con la corteza de plantas es conocido por pocas personas, deduciendo que esta práctica ha desaparecido hace tiempo, asímismo la mayoría de la población dejó de lavar ropa con plantas, sustituyendo con jabón industrial hace unos 40 años. También son pocos y en general se trata de personas mayores quienes pescan con tóxicos de plantas o elaboran sogas de corteza de los árboles. Se puede destacar algunos usos de la categoría técnica que todavía tienen cierta importancia y frecuencia (tabla 4). Por ejemplo, la elaboración de herramientas con madera de *Pisonia aculeata*, el uso del duramen de *Bursera graveolens* para alejar zancudos y en ciertas comunidades la fabricación de almohadas y colchones con lana de *Ceiba trichistandra*. Además, se utilizan los tallos sin corteza de *Hylocereus polyrhizus* para sedimentar sólidos en suspensión del agua (aclara el agua) y se envuelve los quesos elaborados de leche de cabra con hojas de *Simira ecuadorensis* para preservarlos y darles sabor/color. Debido a la presencia de material plástico, pocas personas actualmente amarran sus quesos con fibras de *Eriotheca ruizii*, también la disponibilidad de baldes de plástico hace varias décadas suplantaron a los aros de queso elaborados con las cortezas de *Guazuma ulmifolia*, *Piscidia carthagenensis* y *Geoffroea spinosa*.

Medicina y fines sociales

En la tabla 4 (fila 7 y 8) se observa que los informantes no abandonaron el uso de plantas destinadas para fines medicinales y la edad promedio de ellos está cercana al promedio total de los informantes (proveedores de información etnobotánica). A pesar de esto, no existe mucha diversidad ni frecuencia de uso de plantas medicinales (tabla 3.11 a 3.13). Solo representan un 6% de los usos reportados, en contraste Madsen *et al.* (2001) registraron mayor variación de uso medicinal en los bosques secos de la Isla Puna, en la provincia del Guayas. Sin embargo, se pueden destacar algunos usos medicinales importantes, como: hojas de *Piper* sp. para desinflamar y cicatrizar heridas, corteza de *Prosopis juliflora* para el dolor de estómago, hojas de *Cestrum auriculatum* para el dolor de cabeza y bajar la fiebre, así como la resina de *Bursera graveolens* o el duramen mezclado con kérex para aliviar dolores reumáticos. Existen prácticas veterinarias interesantes, en particular la de interrumpir la lactancia de cabritos poniendo la resina del fruto de *Cordia lutea* en la ubre, seguida del recubrimiento con una tela. Para prevenir las enfermedades en animales (cabras y gallinas), se procede a sahumarlos (exponerlos al humo) periódicamente con el duramen quemado de *Bursera graveolens* en los lugares donde duermen.

Alimentos

Casi la mitad de los informantes reporta que consumen frutos silvestres (tabla 4), pero en

general se consumen solo cuando están dentro del bosque. Únicamente *Malpighia emarginata* tiene una cierta importancia económica e inclusive se suelen procesar en conservas para uso doméstico. Además, durante los trabajos de campo, se notó que los niños y ciertos jóvenes dan más importancia a las especies silvestres comestibles (frutos) que las personas adultas.

Venta de productos extraidos

Según las tablas 3 y 4, relativamente pocas personas generan ingresos económicos extrayendo y vendiendo productos de especies silvestres, pero existen algunas plantas con importancia en ciertas zonas por temporadas. En el invierno por ejemplo, se pueden vender frutos de *Malpighia emarginata* y cuando la temporada seca es severa, los ganaderos compran las calabazas de *Ceiba trichistandra* y vainas de *Prosopis juliflora*. En temporada lluviosa, el duramen (seco) astillado de *Bursera graveolens* es vendido a las zonas costeras para ausentar a los insectos. Según los informantes, solo sirven los árboles viejos (secos y caidos de *Bursera graveolens*) que hayan adquirido la muerte fisiológica, limitando la cantidad de material disponible y tal vez también evitando

Fig. 2: Casa típica de las zonas secas de la provincia de Loja y las partes que la conforman.

la sobreexplotación del recurso. En otros casos, la extracción es definitivamente destructiva, como en el caso de los árboles de *Myroxylon peruiferum*, que mueren debido a la permanente extracción de su corteza por sus múltiples propiedades medicinales. Además esta especie tiene un rango de distribución restringido, limitándose a ciertas localidades, donde la densidad de árboles actualmente es baja. *Prosopis juliflora* es una especie beneficiosa con múltiples usos, incluyendo la venta de sus vainas en temporadas secas severas. Sin embargo, en algunas zonas la producción de carbón vegetal para la venta está destruyendo a las poblaciones de esta especie.

Leña

Normalmente se pueden usar muchos árboles para leña, pero los más apreciados son *Acacia macracantha* y *Prosopis juliflora* (tabla 3). Ambas especies son abundantes, pero incluso existen zonas donde ya no se las encuentra. Eso puede explicar que los jóvenes han comenzado a usar leña de *Cordia lutea* (ver fila 8 en tabla 4), a pesar que su calidad no es buena. *Bursera graveolens* por su contenido en resinas inflamables se usa para prender (iniciar) el fuego y cuando no hay luz para alumbrar en la noche.

Resultados y discusión (- Loja-Litoral de Ecuador)

En las tablas 5 y 6 se comparan los datos del presente trabajo, con información etnobotánica generada en el litoral de Ecuador en las provincias de Guayas y Manabí (Cerón 1993, 1996; Madsen *et al.* 2001). Ambas áreas comparten un mínimo de 148 especies de árboles y arbustos (Aguirre *et al.* en este volumen) y en la tabla 5 aparece la estadística referente al uso de especies compartidas entre los bosques secos de litoral y el SW de Loja. Noventa y una de las 133 especies (61%) son usadas por lo menos en una de las dos zonas geográficas, demostrando que un alto porcentaje de las especies nativas es útil. Además, un mayor número de las 91 especies es registrado como útiles en el litoral como en Loja (74 vs. 53), aunque el número de especies usadas en Loja y la Isla Puna son casi iguales (53 vs. 51). Los usos en manglares de Churute y Machalilla son más bajos (40 y 42), lo que refleja que estas últimas dos zonas probablemente han sido estudiadas con menor intensidad. Treinta y cinco de las 91 especies fueron registradas como útiles, tanto en Loja como en el litoral y 17 (Loja) y 39 (Litoral) son usadas solo en estas zonas. Esto indica que un número relativamente pequeño de especies compartidas se usa en ambas zonas. Sin embargo, la mayoría de las especies usadas en la costa (39) y no en Loja es relativamente escasa en el sur de Ecuador, lo que puede explicar la falta de registros de usos; y viceversa, las (17) especies usadas solo en Loja pueden ser escasas en el litoral. Las especies que son comunes y tienen potencialidades en general son usadas tanto en Loja como en el Litoral.

La tabla 6 presenta 18 especies con al menos un uso común entre las tres provincias, es decir en el sur-occidente de Loja, en la Isla Puna (Madsen *et al.* 2001) y/o la Reserva Ecológica Manglares-Churute en Guayas (Cerón 1996) y en el Parque Nacional Machalilla en Manabí (Cerón 1993). La mayoría de estas especies es usada para varios propósitos (tienen varios usos) y en la columna de Macará-Zapotillo, se anota el total de usos registrados en el presente estudio y en las otras columnas se muestra cuántos de estos usos se repiten en los tres estudios. Sumando el número de usos registrados por zona, se observa que entre 25 y 45% de los usos de Loja son también registrados en las demás zonas de estudio. En estas últimas zonas se registraron muchos usos que no fueron registrados en Loja (pero tampoco figuran en la tabla). Se puede concluir que ampliando el estudio a otras zonas de bosques secos, se pueden descubrir más usos para las especies

Tabla 5: Número de especies usadas tanto en Loja (Macará y Zapotillo) y en el litoral de Ecuador. Un total de 133 árboles y arbustos ha sido registrados para ambas zonas y 91 de éstas tienen usos, algunas en ambas zonas y otras solo en una. Los datos de Guayas vienen de la Isla Puna (Madsen *et al.* 2001) y de la Reserva Ecológica Manglares-Churute (Cerón 1996) y los datos de Manabí del Parque Nacional Machalilla (Cerón 1993). Las columnas de la derecha desglosan los datos referentes a estas tres zonas.

Zonas	Sur (Loja)	Litoral (Gua.-Man.)	Puna Isla	Manglares Chupute	P.N. Machalilla
Especies en las dos zonas	133	133	133			
Especies usadas por zona	91	52	74	51	40	42
Especies usadas en las dos zonas	35	35	35	26	21	24
Especies usadas en una zona		17	39	25	19	18

Tabla 6: Árboles con mínimo un uso repetido tanto en Loja, Guayas y Manabí. Para Loja aparece el número de los diferentes usos registrados para cada especie en Macará, Zapotillo y para las demás tres zonas cuántos de estos usos también se realizan en estos lugares. Al final se suman los usos y se calculan los porcentajes de los usos de Loja, repetidos en cada uno de las otras tres zonas. La información de Guayas y Manabí proviene de las referencias mencionadas en la tabla 5.

Nombre de Zona / Especie	Loja Macara-Zapotillo	Guayas Isla Puna	Guayas Mangar.-Chur.	Manabí Parque Nac. Mach.
Cordia lutea	10	4	0	6
Prosopis juliflora	8	4	4	4
Bursera graveolens	7	2	0	1
Guazuma ulmifolia	6	2	1	2
Tabebuia chrysantha	6	3	1	1
Geoffroea spinosa	5	2	1	2
Caesalpinia glabrata	4	3	2	2
Sapindus saponaria	3	1	1	1
Myroxylon peruiferum	3	0	1	1
Muntingia calabura	2	1	2	2
Machaerium millei	2	1	1	1
Cereus diffusus	2	1	0	1
Malpighia emarginata	2	1	0	1
Pseudosamanea guachapele	2	0	1	1
Zizyphus thyrsiflora	2	1	0	1
Tabebuia billbergia	1	1	1	1
Armatocereum cartwrightianum	1	1	0	1
Triplaris cumingiana	1	0	1	1
	67	28	17	30
Porcentaje de usos repetidos	**100**	**42**	**25**	**45**

identificadas como útiles; esto es probable si se extiende a otros tipos de vegetación u otras regiones geográficas.

Conclusiones

En los bosques secos de Macará y Zapotillo existe una diversidad considerable de usos de plantas nativas que actualmente todavía son aprovechadas por un alto porcentaje de la población, principalmente en la categoría construcción, pero también para otros fines. Estos usos en su mayoría son destinados para fines de subsistencia, pero también son vendidos como productos de *Prosopis juliflora* (vainas para ganado), *Ceiba trichistandra* (calabazas para ganado), *Myroxylon peruiferum* (corteza medicinal), *Bursera graveolens* (duramen astillado contra zancudos) y *Malpighia emarginata* (frutos comestibles). Muchos usos técnicos han sido abandonados, principalmente por la innovación industrial que ha sustituido al uso de las plantas, dejando como consecuencia que solo personas con edad superior a los 50 años las utilicen, aunque todavía la mayoría de la población reconoce el potencial de plantas como *Sapindus saponaria* y *Gouania* sp. (para lavar ropa) y *Piscidia carthagenensis* (para pescar). Los usos que se aplican en los bosques secos de Macará y Zapotillo han sido transmitidos entre generaciones de abuelos a padres. Muchas especies compartidas entre los bosques secos en el SW de Ecuador (Loja) y el litoral de Ecuador (Guayas, Manabí) son usadas en ambas zonas. Sin embargo, pueden tener diferentes usos, sugiriendo que las especies son aprovechadas de acuerdo a las necesidades de las comunidades locales.

Agradecimientos

Nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas de las comunidades de Macará y Zapotillo, que con sus valiosos conocimientos hicieron posible la realización del presente estudio. A la Agencia Danesa de Desarrollo Internacional (DANIDA) quien a través del proyecto Biodiversidad y especies económicamente importantes de los Andes Tropicales (BEISA) en la persona del Dr. Henrik Balslev financiaron la presente investigación. A la Fundación del Príncipe Heredero de Dinamarca, quién financió una visita del segundo autor al Ecuador, que facilitó la prospección del campo. A la Universidad Nacional de Loja por las facilidades para impulsar esta investigación. A Bolívar Merino por ayudar en la clasificación de las plantas y a todo el personal del Herbario LOJA que apoyaron la presente investigación.

Referencias

Aguirre, Z., E. Cueva, B. Merino, W. Quizhpe & A. Valverde. 2001. Evaluación ecológica rápida de la vegetación en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador. Pp. 15-35 En M.A. Vásquez, M. Larrea, L. Suárez & P. Ojeda (eds.) Biodiversidad en los Bosques Secos del Sur-Occidente de la Provincia de Loja. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco, Quito.

Béjar, E., R. Bussmann, C. Roa & D. Sharon. 2001. Herbs of southern Ecuador. A field guide to the medicinal plants of Vilcabamba. LH Press, Spring Valley, California. 350 p.

Cerón, C.E. 1993. Estudio preliminar de plantas útiles del Parque Nacional Machalilla. Provincia de Manabí, Ecuador. Hombre y ambiente, Ediciones Abya-Yala, Número Monográfico 25: 73-130.

Cerón, C.E. 1994. Diversidad, composición y usos florístico en la Hoya de Guayllabamba-Chota, provincia de Pichincha e Imbabura. Hombre y ambiente, Ediciones Abya-Yala, Número Monográfico 31: 85-136.

Cerón, C.E. 1996. Diversidad, Especies Vegetales y usos en la Reserva Ecológica Manglares-Churute, Provincia del Guayas, Ecuador. Geográfica 36: 1-92.

Cerón, C.E. 2002a. La etnobotánica en el Ecuador. Cinchonia 3: 1-16.

Cerón, C.E. 2002b. Aportes a la flora útil de Cerro Blanco. Guayas, Ecuador. Cinchonia 3: 17-25.

Cerón, C.E. 1999. Las formaciones naturales de la Costa del Ecuador. Pp. 55-78 En R. Sierra (ed.), Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

Chiriboga, C. & Andrade, K. 2005. Diagnóstica socioeconómico de las poblaciones usuarias de los reinantes de bosque seco de los cantones Alamor y Zapotillo en la provincia de Loja, Ecuador. En: M.A. Vásquez, J.F. Freile & L. Suárez (eds.), Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. Pp. 91-116. EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco, Quito.

Chiriboga, C. & E. Morcillo. 2001. Diagnóstico socioeconómico en los bosques secos de la Ceiba y Romeros (Cordillera Arañitas), provincia de Loja, Ecuador. Pp. 89-121 En Vázquez, M.A., Larrea, M., Suárez, L. & P. Ojeda (eds.). Biodiversidad en los Bosques Secos del Sur-Occidente de la Provincia de Loja. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA, Loja.

Herbario LOJA, 2001. Zonificación y determinación de los tipos de vegetación del bosque seco en el sur-occidente de la provincia de Loja. Loja. 132 pp.

Hernández, C. & C. Josse. 1997. Plantas silvestres comestibles del Parque Nacional Machalilla. Hombre y Ambiente, Abya-Yala, Quito 40: 1-78.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo). 2001. VI Censo de población y V de vivienda. Htt:/www.inec.gov.ec.

Kvist, L. P., M.K. Andersen, M. Hesselsøe & J.K.Vanclay. 1995. Estimating use-values and relative importance of Amazonian flood plain trees and forests to local inhabitants. The Commonwealth Forest Review 74: 293-300.

Lozano C., P.E. 2002. Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. Pp. 29-49 En: Z. Aguirre, J.E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.). Botánica Austroecuatoriana. Abya Yala, Quito.

Madsen, J.E., R. Mix & H. Balslev. 2001. Flora of Puná Island. Plant resources on a Neotropical Island. Aarhus University Press, Aarhus. 285 p.

Ministerio del Ambiente, EcoCiencia y Unión Mundial para la Naturaleza. 2001. La biodiversidad del Ecuador. Informe 2000. Editado por Carmen Josse.Ministerio del Ambiente, EcoCiencia y UICN, Quito.

Neill, D. 2000. Observation on the conservation status of tropical dry forest in the Zapotillo Area, Loja, Ecuador. http//www.mobot.org/MOBOT/research/Ecuador /Zapotillo.

Phillips, O. & A. Gentry. 1993. The useful plants of Tombopata, Peru: I. Statistical hypotheses tests with a new quantitative technique. Economic Botany 47: 15-32.

Proyecto Bosque Seco. 1998. Diagnóstico socio ambiental e institucional del los cinco cantones sur-occidentales de Loja. INEFAN/SNV, Loja. 159 pp.

Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios & R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Pp. 79-108 En Sierra, R. (ed.), Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

Valverde, F.M. 1998. Plantas útiles del litoral ecuatoriano. Ministerio de Medio Ambiente/ECORAE/EcoCiencia. Guayaquil. 312 pp.

Van den Eynden, V., O. Cueva & O. Cabrera. 1999. Plantas silvestres comestibles del sur del Ecuador – wild plants of southern Ecuador. Ediciones Abya-Yala, Quito. 211 pp.

Van den Eynden, V., O. Cueva & O. Cabrera. 2003. Wild foods from Southern Ecuador. Economic Botany 57: 576-603.

Valladolid, J. & Z. Vidal. 1990. Identificación y descripción de los subsistemas agroforestales en la provincia de Loja. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Loja, Loja. 122 p.

Vázquez, M.A., M. Larrea, L. Suárez & P. Ojeda. (eds.) 2001. Biodiversidad en los bosques secos del sur-occidente de la provincia de Loja. Un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco, Quito. 138 p.

Apéndice 1: Lista alfabética de las especies útiles de los bosques secos discutidos en la presente contribución.

Nombre Científico, Familia (Nombres locales): A: *Acacia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd, Mimo (Faique) - *Acnistis arborescens* (L.) Schltdl., Sola (Pico pico) - *Albizia* multiflora (Kunth.) Barneby & J.W. Grimes, Mimo (Angolo, mariangolo) - *Armatocereus cartwrightianum* (Britton & Rose) Backeb. ex. A.W. Hill., Cact (Tuna) - **B**: *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch., Burs (Palo santo); **C**: *Caesalpinia glabrata* Kunth, Caes (Charán negro) - *Cavanillesia platinifolia* (Bonpl.) Kunth, Bomb (Pretino) - *Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh., Bomb (Ceibo) - *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg., Ulma (Cacumbo, uña de pava, madroño) - *Centrolobium ochroxylum* Rose ex Rudd, Faba (Amarillo) - *Cereus diffusus* (Britton & Rose) Werderm., Caes (Cardo) - *Cestrum auriculatum* L' Her, Sola (Sauco) -'*Coccoloba ruiziana* Lindau, Poly (Añalque) - *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng., Bixa (Polo polo) - *C. lutea* Lam. (Uveral) - *C. macrantha* Chodat (laurel negro) - **E**: *Eritheca ruizii* (K. Schum) A. Robyns, Bomb (Pasallo) - *Furcraea andina* Trel., Agav (Cabuya) - **G**: *Geoffroea spinosa* Jacq., Faba (Almendro) - *Gouania* sp., Rham (Tongo) - *Guazuma ulmifolia* Lam, Ster (Guazimo) - *Gynerium sagittatum* (Aubl.) P. Beauv., Poac (Pindo) - **H**: *Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose, Cact (Pitaya) - *Hyptis* sp., Lami (Mastrante) - **J**: *Jatropha curcas* L., Euph (Piñon) - **L**: *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl., Anac (Gualtaco) - **M**: *Machaerium millei* Standl., Faba (Chapra, chicho) - *Maclura tinctoria* (L.) Steud., Mora (Sota) -*Macranthisiphon longiflorus* (Cav.) K. Schum., Bign (Orca toro) - *Malpighia emarginata* DC., Malp (Manzana, manzana de campo, ciruela de fraile) - *Muntingia calabura* L., Flac (Cerezo, nigüito) -*Myroxylon peruiferum* L.f, Faba (Chaquito) - **P**: *Parthenium hysterophorus* L., Aste (Ramirez) - *Phyllanthus* sp., Euph (Barbasquillo) - *Phytolacca rivinoides* Kunth & C.D. Bouche, Phyt (Tuzara, atuzara, airambo) - *Piper* sp., Pipe (Matico) - *Piscidia carthagenensis* Jacq., Faba (Barbasco) - *Pisonia aculeata* L., Nyct (Pego pego) - *Polygonon hydropiperoides* Michx., Poly (Picantillo) - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., Mimo (Algarrobo) - *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harás, Mimo (Guachapeli) - **S**: *Sapindus saponaria* L., Sapi (Checo) - *Simira ecuadorensis* (Standl.) Steger, Rubi (Guápala) - *Solanum americanum* Mill., Sola (Mortiño) - **T**: *Tabebuia bilbergii* (Bureau & K. Schum) Standl., Bign (Guayacan madero) - *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, Bign (Guayacan oreja de leon) - *Terminalia valverdeae* A.H. Gentry, Comb (Guarapo) – *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum., Apoc (Jacapa) - *Tillandsia usneoides* (L.) L., Brom (Salvaje) – *Triplaris cumingiana* Fisco. & C.A. Mey. ex. C.A. Mey., Poly (Fernando, Colorado) - *Triumfetta althaeoides* Lam, Tili (Abrojo) - **V**: *Verbena litoralis* Kunth, Verb (Verbena) - **Z**: *Zizyphus thyrsiflora* Benth., Rham (Cortezo).

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 205-223.

Bosques montanos bajos occidentales en Ecuador y sus plantas útiles

Lars Peter Kvist[1], Zhofre Aguirre[2] & Orlando Sánchez[2]

[1]Instituto de Biología, Universidad de Aarhus, Ny Munkegade 1540, 8000 Aarhus C., Dinamarca.
email: lars.kvist@biology.au.dk
[2]Herbario LOJA, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
email: herbario@unl.edu.ec; oast29@yahoo.es

Abstract

Based at semi-structured and structured interviews with 74 and 336 informants, respectively, we describe and discuss the plants used in mestizo communities residing at the western Andean slopes (900 -1,900 m) in the Loja province of southern Ecuador. In this area 165 native species were recorded to have 237 different uses nearly exclusively for subsistence purposes. Prevalent among these are edible fruits (44), wood for houses (37), fences (26), handicraft (20), fire-wood and human medicine (both 19). A majority of the local population continues to apply various medicinal plants, but much fewer persons know the plants appropriate to fabricate handicrafts, although they tend to continue and maintain their expertises. In contrast, various other technical uses of plants (for laundry, fishing, coloring, among others) have over the last two generations been nearly abandoned and some also nearly forgotten. The study area was previously covered with humid montane forests, but now is mostly restricted to steep, inaccessible places, making it difficult for people to find many extracted materials. They mostly respond by extracting from the same species in more distant (and/or inaccessible) places (39%), while some inhabitants buy the same products from sellers (4%) or manage and/or cultivate certain important species (6%); and alternatively they may exploit species providing inferior materials (27%) e.g. extracting less durable wood for construction, or they may replace with industrial substitutes. Regarding the reasons for the present scarcity people mainly blame over-exploitation (25%) and deforestation (18%), but in even more cases (44%) they claim that the resource always was scarce or absent. This partly reflects that particularly many local people not are conscious about the deforestation, but also that many economically important species always have been absent from parts of the study zone, e.g. due to that they grow below/above a certain elevation.
Key words: Ethnobotany, Extraction, Subsistence products, Forest degradation.

Resumen

En base a entrevistas semiestructuradas (74 informantes) y estructurados (336 informantes) se describe y discute el uso de plantas en comunidades mestizas que residen en declives andinos occidentales (900-1.900 m) de la provincia de Loja en S de Ecuador. Se reportan 165 especies útiles con 237 usos en general para subsistencia; se destacan frutas comestibles (44), madera para casas (37), cercos (26), herramientas (20), leña y medicina humana (ambos 19). La mayoría de la población sigue usando plantas medicinales, pero relativamente pocas personas son capaces de fabricar herramientas. Sin embargo, durante las últimas dos generaciones casi han sido olvidadas otras aplicaciones técnicas de las plantas (para lavar ropas, pescar, tintes). Antes la zona de estudio fue cubierta por bosques montanos húmedos, pero ahora se limitan a áreas escarpadas e inaccesibles, dificultando la extracción de productos tradicionales. La población responde buscando especies en lugares más alejados y a veces compran los mismos productos de vendedores (4%) y se cultivan ciertas especies importantes (6%). Alternativamente se explotan especies previendo productos inferiores (27%), p.e. madera menos durable para construcción o se substituyen con la innovación industrial. Se destaca la sobreexplotación (25%) y deforestación (18%) como principales razones de la escasez de muchas especies, aunque un 44% de los casos el recurso siempre ha sido escaso o ausente, en parte reflejando que muchos jóvenes no son concientes de la deforestación, pero también que varias especies importantes siempre han sido ausentes en la zona, p.e. crecen por encima/debajo de cierta altitud.
Palabras clave: Etnobotánica, Extracción, Productos de subsistencia, Deforestación.

Introducción

Los ecosistemas siempreverde montano bajos encierran una excelente diversidad biológica especialmente florística de la región andina. En las estribaciones orientales estos bosques son continuos y muy húmedos, mientras que en las occidentales son extensos y continuos en Colombia y norte de Ecuador, pero más al sur la faja del bosque siempreverde occidental es menos húmedo y más estrecho, terminando en el departamento de Tumbes en Perú cerca de la frontera con Ecuador (Pennington *et al.* 2004). Así los bosques pedemontanos y montanos bajos del sur de Ecuador / norte de Perú constituyen la extensión más sureña de los bosques húmedos de la región del Chocó. Sin embargo, cerca de su límite al sur, los valles secos separan a las áreas de bosque siempreverde relativamente bajo y más o menos aislado. Valencia *et al.* (2000) resaltan que al comparar la diversidad entre los bosques en las estribaciones de la Cordillera de los Andes, el flanco oriental es más diverso, pero en el occidental el endemismo es mayor. Así, muchas especies pueden ser endémicas en relativamente pequeñas áreas, pero estos bosques son poco conocidos en el sur. Por esta razón surge la necesidad de investigar a los bosques pedemontanos y montanos bajos del sur-oeste de Ecuador y desde 2004 los autores del presente trabajo documentaron científicamente la diversidad florística y etnobotánica en los bosques siempreverde montano bajo del sur-oeste de Loja. Se han instalado dos parcelas permanentes de una hectárea que en el futuro servirán para monitorear la dinámica de estos bosques y se ha ejecutado un programa de estudios etnobotánicos con los pobladores locales mestizos. Para investigar las especies útiles en la zona, se recolectó información a través de entrevistas semiestructuradas (aplicadas en 22 comunidades) y estructuradas (9); abarcando un rango altitudinal entre 800 hasta 1.900 m. La presente contribución discute los datos referentes al uso tradicional y actual de las plantas, luego define la percepción de las personas respecto a la escasez actual de muchas plantas y qué hacen para suplir los usos cuando no encuentran las especies preferidas.

Bosque siempreverde montano bajo de Ecuador

La vegetación nativa de la zona del estudio es un bosque siempreverde montano que tiene un aspecto húmedo. Los árboles son grandes y rectos alcanzando 25 m de altura, las epífitas son exhuberantes y en el sotobosque hay muchas hierbas, a pesar que existe una temporada seca de algunos meses con poca o ninguna lluvia, pero casi siempre existe importante humedad atmosférica. Durante todo el año –incluyendo los meses secos– la neblina cubre esa zona durante la tarde y la noche. Por las condiciones de precipitación horizontal, la vegetación mantiene el follaje aunque algunos árboles pueden perder sus hojas al final de la época seca. Existe cierta confusión referente a las formaciones de vegetación y sus nombres en los declives occidentales del sur de Ecuador, p.e. revisando la "Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental" (Sierra 1999) las alternativas son bosque siempreverde pedemontano de 400 a 800 m (Cerón *et al.* 1999) y bosque semideciduo montano bajo de 1.100 a 1.500 m (Valencia *et al.* 1999). Lozano (2002) aplica el segundo término, indicando un rango altitudinal más amplio de 1.000 hasta 1.800 m. Sin embargo y considerando que el bosque estudiado en realidad es siempreverde, será mejor aplicar el término bosque siempreverde montano bajo, propuesto por Balslev & Oellgaard (2002) y referirse a los bosques húmedos ubicados por debajo y por encima respectivamente como bosque siempreverde pedemontano (menor a 900 m) y bosque siempreverde montano (por encima de 1.500 m).

Los ecosistemas pedemontanos y montanos bajos son variables en su composición florística y estructura; en el sur-oeste y sur-occidente del Ecuador la composición florística puede cambiar entre áreas boscosas aisladas. Así, en los bosques de la cuenca media del Río Puyango existen especies como *Phytelephas aequatorialis* y *Pseudobombax* sp. que no están presentes en las partes medias de la cuenca del Río Catamayo. Luego se sigue la trayectoria de esta formación hacia el Perú donde cambian ciertos elementos florísticos (Linares-Palomino, 2006, com. pers.). Existe poca información respecto a la composición florística de estos bosques. Klitgaard *et al.* (1999) y León *et al.* (2006) analizaron la composición florística y estructura del bosque premontano al suroccidente de Loja, en las localidades El Tundo y El Colorado de los cantones Sozoranga y Puyango, respectivamente.

Estudios etnobotánicos

En el Ecuador la mayoría de las investigaciones relacionadas con la etnobotánica se han realizado en ecosistemas del bosque húmedo del oriente ecuatoriano, algunas en la sierra y en la costa. En referencia a estudios realizados en la costa se cuenta con datos del bosques secos del litoral (ver Valverde 1993, Cerón 1993, 1996, 2002, Hernández & Josse 1997, Madsen *et al.* 2001) y de Loja (Sanchez *et al.* 2006, Sánchez *et al.* en este volumen) y los estudios realizados en bosques húmedos han sido enfocados a grupos indígenas ubicados en el noroccidente (p.e. Holm-Nielsen *et al.* 1983, Kvist & Holm-Nielsen 1987, Barfod & Kvist 1996, Cerón 2004). Sin embargo, pocos trabajos incluyen datos etnobotánicos de los bosques pedemontanos y montanos bajos de las vertientes occidentales, destacándose los de Barfod & Kvist (1996) del Carchi en el norte (600-1.000 m), Ríos (1993) de Pichincha (600-800 m) y Van den Eynden *et al.* (1999, 2003) sobre las plantas comestibles del sur-occidente del Ecuador (en todo el rango altitudinal).

Zona de estudio

La presente contribución presenta resultados obtenidos en el sur-oeste de Loja dentro de una zona de bosque siempreverde entre 900 a 1.900 m, aislados al norte y sur de los valles secos de los ríos Puyango y Catamayo, respectivamente. El área de estudio se ubica en los cantones de Catamayo, Chaguarpamba, Olmedo, Paltas, Puyango y Sozoranga (Figura 1); la zona abarca una extensión original de aproximadamente 4.000 km^2. Debido a su ubicación altitudinal y sus condiciones topográficas, climáticas y edáficas es la zona ideal para realizar actividades agropecuarias. Los profesionales relacionados con la producción agrícola, denominan a esta zona como el cinturón del café, nomenclatura originada gracias a la adaptación y productividad de este cultivo, que junto con la ganadería son el principal sustento de las economías campesinas locales. Debido a las buenas condiciones para la agricultura y ganadería, cientos de hectáreas de vegetación natural son anualmente alteradas y degradadas; actualmente existen pocos remanentes que presentan un buen estado de conservación. Sin embargo, en torno a los centros poblados se pueden apreciar parches de bosque intervenido a lo largo de numerosas quebradas que cruzan el paisaje. La existencia de este patrón hace predecir que a pesar de la avanzada degradación, la mayoría de pobladores tienen acceso a remanentes de vegetación, en muchos casos en estado secundario o sucesional avanzado.

La población en conjunto de la zona estudiada es de 50.000 habitantes (INEC 2001), que viven en poblados con un centro de residencia (parroquias) y otras dispersas (barrios). La región ha sido poblada desde tiempos precolombinos y los pobladores son mestizos. Una gran parte de la población sigue aprovechando las especies maderables y las bondades no maderables de otras especies existentes en los escasos remanentes boscosos.

Métodos

El presente estudio se basó en entrevistas semiestructuradas y estructuradas realizadas en 22 y 9 comunidades, respectivamente. En la figura 1 se aprecia la ubicación de la zona de estudio y las comunidades a lo largo de la franja montana, al suroccidente de la provincia de Loja. En la tabla 1 se observa el número de encuestados y su distribución por sexo y edad. Los 74 informantes de las entrevistas semiestructuradas y los 336 informantes de entrevistas estructuradas fueron elegidos por su conocimiento respecto al uso de las plantas representativas de las poblaciones locales. Sin embargo, ambos grupos resultaron relativamente iguales por sexo (aproximadamente por mitades) y de edad (promedio 41 años).

Los formularios preelaborados por los investigadores y las entrevistas realizadas fueron similares a las utilizadas en el estudio de los bosques secos en el extremo sur de Loja (ver Sánchez *et al.* en este volumen), p.e. para evitar la incidencia de otras personas en las respuestas las entrevistas fueron personales y se define un uso como el potencial de un taxón de planta para cierto propósito y un registro de uso como el reporte de un informante que indica un uso específico de un taxón. En las entrevistas semiestructuradas se preguntó a cada informante sobre las plantas conocidas, enfocando a 16 propósitos específicos y tratando de abarcar todas las aplicaciones significativas de las plantas silvestres de la zona en estudio. Se preguntó a cada informante sobre estos usos en el mismo orden y para cada propósito se registraron todas las plantas mencionadas, pidiendo información adicional referente a la aplicación y preparación del material vegetal. En las entrevistas estructuradas se registró el conocimiento de los informantes referente a 79 usos preseleccionados de 40 taxa de plantas (cada una representada de uno a siete usos preseleccionados elegidos en base del material semiestructurado). Se entrevistaron a los

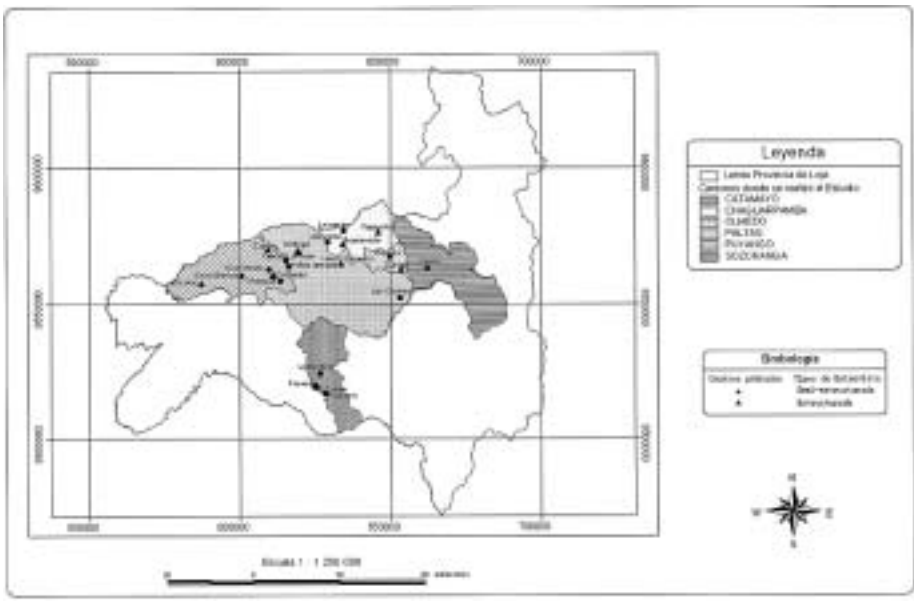


Fig. 1: Ubicación de la zona del estudio en el sur-occidente del Ecuador y las comunidades estudiadas en los cantones Chaguarpamba, Puyango, Paltas, Catamayo y Sozoranga en la provincia de Loja.

informantes, mencionando los nombres comunes de estos 40 taxa en orden alfabético y cada vez que un informante conocía (mencionaba) un uso preseleccionado, se le preguntó si la usaba actualmente o antes y (en caso de no ser así) si sus padres o abuelos usaban la planta para determinado propósito.

Cada vez que un informante reportaba un uso preseleccionado se le preguntó sobre el estado actual de la planta, es decir si el recurso era abundante, escaso o ausente en su comunidad; en los últimos casos se preguntó a los informantes respecto a seis explicaciones alternativas: 1) Siempre fue así, 2) por la extracción, 3) por pastoreo, 4) por sequías, 5) por incendios y 6) no sabe. Además se preguntó las acciones que hacen las personas locales para conseguir o reemplazar materiales extraidos de plantas escasas o ausentes, dando las siguientes opciones: 1) Reemplazo industrial, 2) reemplazo de material de otra (s) plantas, 3) extraer de áreas más lejanas, 4) comprar el material a vendedores, 5) proteger / manejar la planta y 6) no sabe / hace nada.

Resultados

Todas las especies se presentan en las tablas y el texto aparece con los nombres científicos en orden alfabético en el anexo 1. Las tablas 2 y 3 presentan resultados de las entrevistas semiestructuradas. En la tabla 2 la primera columna muestra la distribución del total de 1.327 registros de usos reportados por 74 informantes sobre seis categorías principales y 16 subcategorías de usos (promedio aproximadamente 18 por informante) y la segunda columna demuestra la distribución porcentual de estos registros. Las últimas dos columnas muestran el número de uso por categorías y subcategorías – primero los datos totales y a la izquierda el número de usos mencionados como mínimo por cuatro informantes – sumando a 237 y 115 usos, representando 165 y 87 especies, respectivamente. En la tabla 3 se observan las plantas principales de las 16 subcategorías de uso, ordenadas de acuerdo al porcentaje de informantes que conocían el uso y con la información complementaria referente a la preparación y aplicación. Se incluye solo especies importantes reduciendo el número de usos listados a 88 (del total de 237).

Las tablas 4 a 7 presentan resultados de las entrevistas estructuradas. En la tabla 4 se observa los resultados referentes a medicina humana (categoría C-10 en la tabla 2). Doce usos medicinales fueron incluidos entre los usos preseleccionados y los valores en la tabla son porcentajes de la información brindada por los 336 informantes entrevistados. La primera columna presenta el porcentaje de los

Tabla 1: Informantes entrevistados. Se presenta los datos de las entrevistas estructuradas y semiestructuradas, número de informantes y su distribución por sexo, edad y sus promedios.

Informantes entrevistados

Rangos de edades	Semi-estructurados			Estructurados		
	Totales	Hombres	Mujeres	Totales	Hombres	Mujeres
Totales	74	37	37	336	163	173
9 - 19	6	3	3	79	45	34
20 - 39	35	16	19	75	27	48
40 - 59	26	13	13	102	49	53
60 - 87	7	5	2	80	42	38
Promedios	42	42	42	41	41	41

que conocían los usos particulares y en las siguientes columnas los porcentajes que siguen estas prácticas con frecuencia (2), actualmente poco (3), lo han abandonado (4), nunca lo practicaron pero lo conoce de padres/abuelos (5) o nunca lo practicaron y lo conoce de personas no-relacionadas (6). Se puede observar usos de plantas medicinales variando de muy hasta poco conocidas; entre las primeras aparentemente solo el laxante *Chenopodium ambrosioides* que actualmente es mucho menos usado que antes.

En la tabla 5 se retoman las subcategorías de uso aplicadas en las tablas 2 y 3 (excepto la de recipientes (5a) ha sido separada de herramientas (5) y las categorías uso social (12) y forraje (14) no son incluidas). Los resultados de las categorías individuales son promedios

Tabla 2: Número de usos registrados durante las entrevistas semiestructuradas, distribuidos por categorías y subcategorías de uso. Para todas las categorías aparece el número de registros de uso (reportes individuales sobre el potencial de una especie para un propósito determinado), la distribución porcentual de los registros de usos y el número de usos registrados por categoría (el potencial de una especie utilizada para tal propósito).

Categoría	Subcategoría	Número de registros de uso	Porcentaje de registros de uso	Número total de usos	Usos con más de 3 registros
	Total (registros de usos y usos)	1.327	100	237	115
	Total (especies útiles)	-	-	165	87
A. Construcción	Subtotal	281	21	67	30
	1 Construcción de casas	151	11	37	14
	2 Cercos	107	8	26	14
	3 Amarrar en construcción	23	2	4	2
B. Usos técnicos	Subtotal	426	32	64	30
	4 Amarres y tejer	155	12	16	8
	5 Herramientas	69	5	20	7
	6 Lavar ropas	155	12	14	7
	7 Tintes	19	1	6	4
	8 Venenos para pescar	25	2	7	4
	9 Matar/alejar insectos	3	0	1	0
C. Medicina/social	Subtotal	55	4	26	6
	10 Medicina humana	32	2	19	4
	11 Usos veterinarios	6	0	5	1
	12 Usos sociales	17	1	2	1
D. Alimentos	Subtotal	371	28	54	30
	13 Frutos comestibles	308	23	44	26
	14 Forraje de animales	63	5	10	4
E. Venta	Subtotal	58	4	14	7
	15 Venta de productos extraidos	58	4	14	7
F. Leña	Subtotal	136	10	19	14
	16 Leña	136	10	19	14

Tabla 3: Usos de las plantas de las especies más importantes en 16 subcategorías de uso, según porcentaje de 74 informantes (entrevistas semiestructuradas); se incluyen hasta 11 especies/categoría y excluyen (casi todos) usos reportados por menos de cuatro informantes (sumando 88 usos en la tabla).

Subcategorías de uso Especie	Familia	% uso	Descripción del uso de la planta
Tabla 3.1. Construcción de casas			
Cupania sp.	Sapi	32	Vigas
Cedrela odorata	Meli	22	Vigas y aserrado
Nectandra sp.	Laur	16	Vigas
Myrsine sp.	Myrs	16	Vigas
Cordia alliodora	Bora	15	Vigas y aserrado
Juglans neotropica	Jugl	12	Bases y pilares
Guadua angustifolia	Poac	11	Techos y trojes
Tabebuia chrysantha	Bign	7	Bases y pilares
Escallonia paniculata	Gros	5	Bases y pilares
Tecoma stans	Bign	5	Bases y pilares
Tabla 3.2. Cercos			
Cupania sp.	Sapi	20	Poste y cerco vivo
Escallonia paniculata	Gros	19	Poste
Fulcaldea laurifolia	Aste	14	Poste y cerco vivo
Loxopterygium huasango	Anac	11	Poste
Centrolobium ochroxylum	Faba	8	Poste
Tabebuia chrysantha	Bign	8	Poste
Senna spectabilis	Caes	8	Poste y cerco vivo
Acacia macracantha	Mimo	7	Poste y cerco vivo
Myrcia fallax	Myrt	7	Cerco vivo
Tecoma stans	Bign	5	Poste
Viguiera sp.	Aste	5	Poste y cerco vivo
Tabla 3.3. Amarrar en construcción			
Marcgravia sp.	Marc	15	Amarrar casas de vareque
Arrabidaea sp.	Bign	15	Amarrar cercas
Paullinia sp.	Sapi	12	Amarrar casas de vareque
Tabla 3.4. Amarrar y tejer			
Furcraea andina	Agav	76	Hacer sogas y fondas
Heliocarpus americanus	Tili	36	Hacer sogas
Carludovica palmata	Arec	30	Tejer aventadores
Stromanthe ramosissima	Mara	23	Tejer aventadores
Mikania sp.	Aste	5	Hacer pequeñas cestas
Musa sapientum	Musa	5	Hacer esteras
Pseudobombax sp.	Bomb	4	Hacer sogas
Tabla 3.5. Herramientas			
Luffa cylindrica	Cucu	14	Lavar platos
Cucurbita ficifolia	Cucu	14	Colocar granos
Sida rhombifolia	Malv	14	Escobas
Verbena litoralis	Verb	14	Escobas
Phytelephas aequatorialis	Arec	5	Artesanías
Scoparia dulcis	Scro	5	Escobas
Machaerium millei	Faba	3	Cabos de lampa
Crescentia cujeta	Bign	3	Para traer agua y otras líquidos

Tabla 3.6. Lavar ropas			
Sapindus saponaria	Sapi	70	Lavar ropas
Furcraea andina	Agav	46	Lavar ropas
Phytolacca rivinoides	Phyt	38	Lavar ropas
Acnistus arborescens	Sola	19	Lavar ropas
Solanum albidum	Sola	15	Lavar ropas
Cantua quercifolia	Pole	2	Lavar ropas
Tabla 3.7. Tintes			
Juglans neotropica	Jugl	8	Tiñe color café
Acacia macracantha	Mimo	5	Tiñe color pardo
Persea americana	Laur	4	Tiñe color pardo
Indigofera suffruticosa	Faba	4	Tiñe color negro
Tabla 3.8. Venenos para pescar			
Sapindus saponaria	Sapi	10	Con los frutos macerados
Daphnopsis sp.	Thym	8	Con la corteza
Juglans neotropica	Jugl	5	Con la corteza
Furcraea andina	Agav	4	Con las hojas
Tabla 3.9. Matar/Alejar insectos			
Jacaranda sparrei	Bign	3	Alejar pulgas
Tabla 3.10. Medicina humana			
Triumfetta althaeoides	Tili	5	Inflamación de riñones
Vernonanthura patens	Aste	4	Lavar heridas y dolor de cabeza
Piper sp.	Pipe	4	Lavar heridas
Verbena litoralis	Verb	4	Lavar heridas y granos
Costus comosus	Cost	3	Inflamación de riñones
Cinchona pubescens	Rubi	3	Resfríos
Salvia sp.	Lami	3	Lavar heridas/resfríos, dolor de cabeza
Tabla 3.11. Uso veterinario			
Cecropia litoralis	Cecr	3	Lavar heridas infectadas
Tabla 3.12. Uso social			
Ceroxylon sp.	Arec	18	Ramos para semana santa
Tabla 3.13. Frutas comestibles			
Myrcia fallax	Myrs	57	Regularmente consumida
Rubus urticifolius	Rosa	39	Muy consumida en casa y bosque
Carica sp.	Cari	39	Muy consumida en casa y bosque
Lantana sp.	Verb	18	Consumida en bosque
Pouteria lucuma	Sapo	18	Consimida en casa y bosque
Annona cherimola	Anno	16	Muy consumida en casa y bosque
Psidium guineense	Myrt	16	Consumida en casa y bosque
Allophylus mollis	Sapi	16	Consumida en casa y bosque
Passiflora indecora	Pass	14	Consumida en bosque
Annona muricata	Anno	14	Consumida en casa y bosque
Chamaedorea linearis	Arec	14	Muy consumida en casa y bosque
Tabla 3.14. Forraje de animales			
Munnozia sp.	Aste	27	Forraje para cobayos
Croton sp.	Euph	24	Forraje para cobayos
Lasiacis sp.	Poac	14	Forraje para cobayos
Chusquea sp.	Poac	11	Forraje para cobayos

Tabla 3.15. Venta de productos extraidos

Furcraea andina	Agav	14	Sogas para levantar tomate
Marsdenia cundurango	Ascl	14	A intermediarios de Guayaquil
Ricinus communis	Euph	12	A intermediarios de Guayaquil
Myroxylon peruiferum	Faba	11	Como medicina

Tabla 3.16. Leña

Cupania sp.	Sapi	43	Guabo blanco
Inga spectabilis	Mimo	23	Guaba panaca
Acacia macracantha	Mimo	14	Faique
Croton sp.	Euph	14	Moshquera
Triplaris cumingiana	Poly	12	Fernan Sanchez
Inga oerstediana	Mimo	12	Guaba musga

Tabla 4: Uso de plantas como medicina (subcategoría C-10 en la tabla 2) en base a 336 entrevistas estructuradas de 12 usos medicinales preseleccionados. La columna 1 da el porcentaje de los informantes que conocían los usos individuales y en las siguientes cinco columnas aparecen los porcentajes de informantes que realiza/ha realizado (2-4) o nunca han practicado estos usos (5 y 6). Nota: La suma de las columnas 2 a 6 corresponde a la columna 1.

Uso específico	**Nombre científico de taxa**	**% de 336 informantes que**					
		conocen uso	**usa frecuente**	**usa poco**	**usaba antes**	**sabe de padres**	**sabe de otros**
		1	2	3	4	5	6
Desinflamar	*Triumfetta althaeoides*	93	82	6	1	2	2
Lavar heridas	*Piper* sp.	92	79	8	2	0	3
Bajar la fiebre	*Cestrum* sp.	89	81	4	2	1	1
Laxante	*Chenopodium ambrosioides*	57	25	12	13	2	5
Heridas y resfríos	*Salvia* sp.	52	38	4	6	0	4
Lavar heridas	*Piper* sp.	42	31	3	4	0	4
Cortes y empeines	*Croton* sp.	33	24	4	3	0	2
Baños reumáticos	*Juglans neotropica*	27	20	1	3	0	3
Dolor de cabeza	*Vernonanthura patens*	16	13	3	0	0	0
Desinflamar	*Ricinus communis*	10	6	3	1	0	0
Desinfectante	*Ricinus communis*	7	2	2	2	0	1
Jarabe	*Juglans neotropica*	6	1	1	1	0	2

calculados en base a los usos preseleccionados (números variando de 1-12 en la columna 1). En la columna 2 se observa el número de registros de uso registrado por subcategoría y en la columna 3 los porcentajes de los informantes entrevistados que reconocen el potencial (p.e. el 3% de tintes representa a 10 de 336 registros potencialmente y el 44% de medicina representa al 1.774 de 4.032 registros potenciales). La columna 4 muestra el porcentaje de informantes (reconociendo los usos en la columna 2) que reportan un uso frecuente de las plantas variando de 92% para leña hasta 4% para lavar ropa/jabón. Estos porcentajes aparece en orden descendiente y se puede notar (comparando las columnas 3 y 4) cuáles niveles

Tabla 5: Comparación de 15 subcategorías de uso en base de entrevistas estructuradas con 336 informantes donde se registraron su conocimiento a usos preseleccionados (enumerados en la columna 1). La columna 2 presenta el número de informantes que reconoce el uso por sub-categoría, la columna 3 el porcentaje de los informantes entrevistados que reconoce el potencial, las columnas 4 a 6 las porcentajes de los informantes (en la columna 2) que practica/ha practicaba los usos y las columnas 7-8 presentan valores correspondientes para los que conocen, pero nunca practicaban eso usos.

Subcategoría (número)	No. de usos pre-seleccio-nados por categoria	No. de regis-tros	% que reconoce potencial	% en base de registros en fila 2				
				Usa frecuente	Usa poco	Usaba antes	Padres usaban	Sabe de otros
	1	2	3	4	5	6	7	8
Leña (F-16)	5	375	22	92	6	2	0	0
Herramientas (B-5a)	3	135	13	88	7	4	0	1
Frutos comestibles (D-13)	3	390	39	82	10	5	1	2
Medicina veterinario (C-11)	3	361	36	82	7	6	1	4
Cercos (A-2)	7	413	18	79	8	4	1	8
Construcción (A-1)	9	1.323	44	78	10	3	3	6
Medicina humana (C-10)	12	1.774	44	77	10	7	1	5
Matar/alejar insectos (B-9)	1	47	14	77	10	7	1	5
Amarrar y tejer (B-4)	7	808	34	31	10	45	7	7
Tintes (B-7)	1	10	3	20	0	30	10	40
Venta de extracción (E-15)	1	82	24	16	11	43	7	23
Amarrar, construcción (A-3)	3	205	20	14	30	55	0	1
Recipientes (B-5b)	1	77	23	9	8	61	16	6
Veneno para pescar (B-8)	4	93	7	7	3	59	16	15
Lavar ropas/ jabón (B-6)	7	642	27	4	6	42	34	14

de conocimiento y frecuencias de uso no son correlacionados. Las próximas columnas muestran que muchos informantes están terminando (5) o ya han abandonado varias de las prácticas técnicas (6) o nunca continuaron estas prácticas desde su padres (7). Además, los informantes conocen pocos usos que nunca fueron realizados por ellos o sus familias (columna 8), sugiriendo que se aprenden las potencialidades de las plantas de padres/ abuelos y no discuten este tema con otras personas no relacionadas.

En la tabla 6 se presenta la percepción de la población respecto a las causas de la escasez o ausencia local de especies nativas que suministran productos, dando porcentajes de informantes que han indicado seis explicaciones alternativas. Las explicaciones más frecuentes son la extracción excesiva (25%), seguida por la deforestación (18%) y los incendios (7%), aunque casi la mitad (44%) piensa que las plantas siempre eran escasas o ausentes en su comunidad. Además, se reportan las cinco especies/ productos considerados más dañados por las causas/ explicaciones individuales (representando los porcentajes más altos), por ejemplo el 93% de los informantes considera a *Cedrela odorata* escasa para la construcción, debido a la extracción excesiva de la especie.

En la tabla 7 se presentan los resultados referentes a lo que la gente hace para conseguir materiales extraidos de plantas, que son escasas o ausentes en su comunidad (en base a seis opciones, calculando los porcentajes

Tabla 6: Percepción de la población (en base de las entrevistas estructuradas con 336 informantes) respecto a por qué las especies que proveen productos de importancia económica actualmente son escasas o ausentes de la zona de estudio. Aparece la distribución porcentual de sus sugerencias referente a seis razones/explicaciones alternativas y para cada alternativa las cinco especies que presentan los porcentajes más altos.

Razón/ explicación	**Promedio (%) de usos/especie**		
Uso	**Nombre cientifico**	**Porcentaje**	
Extracción			24.8
Construcción	*Cedrela odorata*	93	
Construcción	*Prunus* sp.	80	
Forraje cobayos	*Chusquea* sp.	36	
Cabos	*Tabebuia chrysantha*	33	
Lavar heridas	*Mimosa albida*	33	
Deforestación			18.1
Forraje cobayos	*Lasiacis* sp.	70	
Desinfectar	*Ricinus communis*	69	
Tóxicos para animales	*Jacaranda sparrei*	61	
Sogas	*Heliocarpus americanus*	61	
Tóxicos para pescar	*Daphnopsis* sp.	50	
Incendios			7.2
Frutos	*Myrcia fallax*	56	
Lavar heridas	*Piper* sp.	35	
Lavar heridas	*Mimosa albida*	28	
Lavar heridas	*Salvia* sp.	27	
Frutos	*Acnistus arborescens*	22.2	
Sequías			0.5
Lavar ropas	*Acnistus arborescens*	13	
Laxante	*Chenopodium ambrosioides*	7	
Frutos	*Acnistus arborescens*	6	
Lavar heridas y resfríos	*Salvia* sp.	4	
Lavar ropas	*Phytolacca rivinoides*	2	
Siempre así			43.7
Lavar mantas	*Sapindus saponaria*	93	
Cercas	*Tabebuia chrysantha*	88	
Construcción	*Juglans neotropica*	87	
Lavar heridas, dolores	*Vernonanthura patens*	82	
Tejer	*Carludovica palmata*	73	
No sabe			0.1

como en la tabla 6). En aproximadamente la mitad de los casos se sigue buscando materiales de la misma especie y extrayendo de áreas más lejanas a la comunidad (39%), de plantas sembradas (7%) o que compran a vendedores (4%); aproximadamente un cuarto de los casos reemplaza con materiales extraidos de otras plantas (27%), que pueden servir para el mismo propósito y el último cuarto de los casos reemplaza con productos industriales o no hace nada. Además (como en la tabla 6) para cada solución/estrategia, se reportan las cinco especies más mencionadas y se puede por ejemplo notar que varias especies medicinales en general son buscadas en zonas más lejanas.

Tabla 7: Estrategia/solución de la población (en base de las entrevistas estructuradas con 336 informantes) respecto a conseguir materiales de especies extraidas actualmente escasas o ausentes en la zona de estudio. Aparece la distribución porcentual de sus sugerencias referente a seis estrategias/soluciones alternativas y para cada alternativa las cinco especies con porcentajes más altos.

Solución/estrategia **Uso**	**Promedio (%) de todos usos/especies** **Especie**	**Porcentaje**	
Buscar material de planta en zonas más alejadas			39
Inflamación	*Triumfetta althaeoides*	92	
Lavar heridas y resfríos	*Salvia* sp.	88	
Heridas, animales	*Mimosa albida*	67	
Cercos	*Tabebuia chrysantha*	67	
Revestir paredes	*Heliocarpus americanus*	66	
Manejar/sembrar planta que da el producto			7
Frutas	*Carica* sp.	36	
Leña	*Croton* sp.	13	
Construcción	*Juglans neotropica*	11	
Construcción	*Triplaris cumingiana*	4	
Tejer	*Carludovica palmata*	3	
Comprar producto de la misma planta			4
Construcción	*Tabebuia chrysantha*	28	
Construcción	*Juglans neotropica*	13	
Lavar heridas	*Piper* sp.	6	
Frutos	*Myrcia fallax*	5	
Frutos	*Carica* sp.	3	
Remplazar con material extraida de otra planta			27
Lavar heridas	*Cecropia litoralis*	87	
Leña/construcción	*Cupania* sp.	75	
Leña	*Jacaranda sparrei*	72	
Herramientas	*Tabebuia chrysantha*	72	
Construcción	*Prunus* sp.	70	
Remplazar con producto industrial			14
Lavar heridas	*Vernonathura patens*	100	
Leña	*Triplaris cumingiana*	100	
Tejer	*Carludovica palmata*	62	
Pescar	*Sapindus saponaria*	59	
Construcción	*Cedrela odorata*	50	
Hacer nada para buscar, manejar o reemplazar			10
Pescar	*Furcraea andina*	69	
Lavar ropas	*Acnistus arborescens*	65	
Forraje	*Lasiacis* sp.	49	
Sogas	*Heliocarpus americanus*	42	
Tejer	*Carludovica palmata*	36	

Discusión

En base a las seis principales categorías de usos (tabla 2), se discute el uso actual y los cambios de uso de las plantas en los bosques montanos bajos del suroccidente de Ecuador (tablas 3-5) y se presentan las percepciones de la gente respecto a cuáles son las causas de la escasez de muchos recursos vegetales (tabla 6) y sobre las pautas para conseguir cuando no las encuentran con facilidad (tabla 7).

Construcción

Durante los recorridos por las comunidades de los cantones de Chaguarpamba, Sozoranga, Olmedo, Puyango, Catamayo y Paltas se notan muchas viviendas que todavía son construidas con materiales extraidos de los bosques de la zona. Los datos mencionados en las tablas 3.1-3.3 corroboran esta observación: un porcentaje considerable de las personas en las zonas rurales conoce y usa árboles nativos para la construcción de casas y cercas. Muchas especies (maderas) sirven para estructuras aéreas, pero en estas zonas que durante la temporada lluviosa permanecen muy húmedas, pocas especies resisten periodos largos de tiempo en el suelo. En las zonas relativamente bajas (800-1.100 m) las más resistentes para las bases (figura 2) y postes son *Tabebuia chrysantha, Centrolobium ochroxylum* y más arriba (sobre los 1.100 m) dominan *Escallonia paniculata, Tecoma stans* y *Juglans neotropica*. La mayoría de estas especies ya fue explotada, por eso es escasa en muchos lugares, ya que se necesitan árboles maduros (por su duramen) y a menudo se utilizan maderas menos resistentes (tabla 3.1) o la combinación de éstas (figura 2). Algunos usos son poco practicados, como el caso de las casas de bareque que incluían mucha madera para sus paredes y en las cuales se utilizan lianas para amarrar (tabla 3.3), las lianas han sido reemplazadas por el uso de alambres y clavos. Las potencialidades de estas lianas son aprovechadas para amarrar las puertas de entrada hacia los potreros o pastizales en el campo. Un uso importante de destacar y que se practica comúnmente en las comunidades rurales es el mucílago de *Heliocarpus americanus* para hacer el revestimiento final de las paredes de las viviendas, mezclado con tierra blanca, paja y estiércol de asnos o equinos.

Uso técnico

En la zona montano baja existe una considerable diversidad de usos de la categoría técnico (tabla 3). Se pueden destacar algunos que todavía tienen cierta importancia y frecuencia (tabla 4), como la elaboración de sogas con *Furcraea andina* y de aventadores con fibras de *Stromanthe ramosissima* y *Carludovica palmata*. Una particularidad en el uso de las fibras presentan las sogas de *Furcraea andina* y *Heliocarpus americanus* por su resistencia durante los periodos de sequía y lluvias, respectivamente. Sin embargo, la tabla 5 demuestra la pérdida de varios de estos conocimientos y prácticas, incluyendo el lavado de ropa con plantas, aunque un número muy reducido de personas y generalmente de recursos económicos muy limitados usa plantas para lavar utensilios gruesos como lonas, cobijas y textiles. También ciertas personas usan *Jacaranda sparrei* para alejar insectos (pulgas) y se puede notar un uso limitado de *Cucurbita ficifolia* y *Crescentia cujete* como recipientes para colocar semillas y acarrear agua y otros líquidos, aunque en general fueron suplantados hace varias décadas con el desarrollo de la industria del plástico. Asímismo la elaboración de artesanías (trompos) con *Phytelephas aequatorialis* y de cabos de herramientas (palas, hachas) con *Machaerium millei* y *Zanthoxylum* sp., aparentemente es realizada por pocas personas (tabla 3), aunque los resultados también indican que en general estas personas mantiene su capacidad de fabricar herramientas (tabla 5), tal vez como especialistas produciendo estos productos para sus propias necesidades y de sus vecinos.

Fig. 2: Casa típica de la zona montana bajo y la descripción de las principales partes que la componen.

Medicina y uso social

En las entrevistas semiestructuradas los informantes mencionan pocos usos medicinales (ver tabla 3.10), pero muchos informantes recordaron estos usos durante las entrevistas estructuradas (tabla 4). Varias plantas medicinales son conocidas y usadas por la mayoría de la población local, lo que sorprende cómo las tiendas locales cuentan con medicamentos que suplen las bondades de estas plantas. Se pueden destacar el mucílago de los tallos y raíz de *Triumfetta althaeoides* en infusión para la inflamación; las hojas de *Piper* sp. para desinflamar heridas; las hojas de *Vernonanthura patens* para lavar heridas, cicatrizante y dolor de cabeza; y los tallos de *Verbena litoralis* y *Mimosa albida* para desinflamar granos y heridas. Existe una práctica veterinaria, que consiste en curar heridas infectadas de animales, a través del lavado con las estípulas y hojas de *Cecropia litoralis*, mezcladas con hojas previamente cocidas de *Vernonanthura patens* y *Mimosa albida*.

Alimentos

Existe cantidad de plantas con frutos comestibles consumidas en el bosque y en la casa (tabla 3.14); en el campo se observó a niños comiendo una diversidad aún mayor de frutos silvestres, algunos han sido olvidados por los adultos. Sin embargo, los resultados indican que pobladores que han consumido frutos silvestres siguen esa práctica (tabla 5). Referente a especies particulares se puede destacar a *Myrcia fallax* conocida en mayor porcentaje por la población (tabla 3.14), aunque normalmente es consumida en el bosque y otras especies importantes que se consumen en casa e inclusive se venden en ciertos sectores son: *Allophyllus mollis, Pouteria lucuma, Annona cherimola* y *A. muricata.* Existen tres especies: *Carica* sp., *Rubus urticifolius* y *Psidium guineense* que se preparan en conservas; *Chamaedorea linearis* se usa en Semana Santa preparada con maní.

Venta de productos extraidos

Pocos informantes generan ingresos económicos extrayendo y vendiendo productos de especies silvestres (tabla 3.4), reflejando que muchas personas han abandonado el comercio de productos forestales (tabla 5), aunque en ciertas zonas todavía tienen importancia económica. Por ejemplo, se suele vender la corteza seca de *Marsdenia cundurango* – usada para sanar inflamaciones gástricas, actividad

común en varias localidades de los cantones de Chaguarpamba, Paltas, Olmedo y Catamayo (se paga hasta $US 10-15 por quintal) – pero lamentablemente se requiere de plantas maduras con tallos gruesos que en la actualidad son escasas y muy difíciles de encontrar. La venta de los frutos de *Ricinus communis* –usado como repelente en las siembras de maíz– actualmente la realizan pocas personas, debido a su baja demanda y por el trabajo que exige su preparación; mientras que la venta (a compradores de las provincias costeras) de semillas de *Phytelephas aequatorialis* – para hacer artesanías – solo se realiza con frecuencia en el sector El Limo (cantón Puyango), donde se encuentran los últimos remanentes de bosque que mantienen poblaciones de esta especie (y por eso no se encuentra en la tabla 3.16). Actualmente pocas personas venden fibras de *Furcraea andina* para sostener *Solanum esculentum* en su fructificación.

Leña

Casi cualquier planta puede servir como madera de leña, pero en muchos lugares las especies de buena calidad son preferidas y en la zona del estudio las principales aparentemente son *Cupania* sp. e *Inga* spp. (tabla 3.17), ambos géneros son también reconocidos por su alta calidad en Loreto (Perú) (Kvist *et al.* 2001), *Acacia macracantha* sobresale también en los bosques montanos y es aún más importante en los bosques secos de Loja (Sánchez *et al.* en este volumen). Como los bosques bien preservados actualmente son escasos y limitados a áreas lejanas y/o quebradas de acceso difícil, la mayor cantidad de leña es extraida de pequeñas extensiones fuertemente intervenidas, vegetación secundaria o de árboles utilizados como sombra para cultivos de café y otros productos en huertas. Se puede notar que la gente que utiliza leña continúa esta práctica, aunque también hay muchos que nunca la usan (tabla 5).

¿Cómo explica la gente la escasez de ciertos recursos?

En casi la mitad de los casos (44%) la gente piensa que las especies que proveen productos vegetales actualmente escasos o ausentes en su zona siempre ha sido así. En muchos casos esto puede reflejar una falta de conciencia de la degradación ambiental y en particular los jóvenes no analizan los cambios que han pasado hace varias décadas, desde un paisaje dominado por bosques hasta campos y potreros. Sin embargo, algunas especies siempre han sido escasas o mayormente limitadas a ciertas partes de la zona de estudio (y/o zonas aledañas) y como tal no existieron en los bosques ya extraidos o destruidos en las diferentes comunidades donde se realizó el estudio, p.e. entre las especies "siempre así" de la tabla 6: *Tabebuia chrysantha* está limitada a zonas relativamente secas y cálidas por debajo los 1.100 m y *Juglans neotropica* en bosques húmedos por encima de 1.400 m; *Sapindus saponaria* y *Carludovica palmata* se encuentran en áreas relativamente pequeñas y dispersas.

En casos en que la población analiza cuáles plantas/recursos son más escasos que antes, la explicación más aceptada es la extracción excesiva (25%) que se da principalmente por la construcción y leña, ya que son actividades que demandan gran cantidad de materia prima. No sorprende que *Cedrela odorata* haya sido sobreexplotada, considerando que la madera de esta especie tiene mercado (pero puede sorprender que pocos mencionan a *Juglans neotropica* y *Tabebuia chrysantha* que también han sido sobreexplotados dentro las extensiones limitadas donde se presentan). Otras de las razones percibidas por la población respecto a la extinción local de las especies es la deforestación (18%) que se da normalmente para plantas que crecen en bosques nativos o en áreas dejadas en barbecho y los incendios (7%), ya que normalmente cuando se realiza la preparación del suelo para actividades agrícolas

se producen las quemas, que a veces suelen propagarse por descuido a áreas de bosques adyacentes. Pocos (0.5%) mencionaron a la sequía como una de las causas que influyen principalmente en el cargado de frutos de algunas especies.

¿Cómo consigue la gente los recursos escasos?

Kvist *et al.* (2001) observaron que los pobladores en Loreto (Perú) normalmente utilizan materiales extraidos de varias especies para los mismos fines, pero prefieren una/unas pocas especies que dan productos de buena calidad, p.e. fibras o madera que duran más tiempo. Los resultados de este estudio (tabla 7) indican que esto ocurre en la zona de estudio, ya que la población hace esfuerzos para conseguir materiales de especies preferidas y que actualmente son escasas. La solución más común es buscar las plantas en zonas más lejanas (39%). Se puede notar que varias plantas medicinales actualmente casi siempre son buscadas en zonas más alejadas (tabla 7), como *Triumfetta althaeoides, Mimosa albida* y *Salvia* sp. Este patrón en parte también puede reflejar que debido a la variabilidad de la vegetación en los bosques montanos bajos, estas especies podrían ser comunes en ciertas localidades y escasas en otras, por lo que se debe buscar en zonas lejanas. Una segunda opción para conseguir materiales de las especies preferidas pero escasas es comprar a vendedores que traen el producto de otras zonas. Esta solución no es muy común (4%) y principalmente en el caso de maderas que son resistentes en la construcción como *Tabebuia chrysantha* y *Juglans neotropica,* que no pueden ser reemplazadas por otras especies (para las bases y pilares de casas), pero también se pueden comprar ciertos frutos y plantas medicinales. La tercera opción (6%) es manejar a las especies, principalmente las que tienen utilidad local como frutos (*Carica* sp.) y fibras (*Carludovica palmata*) que son toleradas, cultivadas en huertas, preservadas en sus bosques y en ciertos casos conservadas y sembradas (*Myrcia fallax*, *Croton* sp.) para cercos vivos. Otras especies maderables por la influencia de organismos de conservación se están difundiendo y conservando, como el caso de *Juglans neotropica* y *Cedrela odorata.*

En muchos casos es imposible para la población conseguir las especies preferidas y por eso una opción que manifiesta un buen porcentaje de la población (27%) es reemplazar con materiales de otras plantas, que pueden servir para los mismos propósitos, aunque a menudo de menor calidad, p.e. el uso de especies como *Cupania* sp., *Prunus* sp. y *Triplaris cumingiana* en la construcción, aunque resisten menos tiempo que las especies tradicionalmente preferidas, pero por su abundancia local son utilizadas para suplir la escasez de las de mejor calidad. Además, muchos productos anteriormente extraidos de plantas (14%) han sido en parte o totalmente remplazados por productos no vegetales (industriales), p.e. jabón para lavar en lugar de materiales de plantas, alambre en lugar de sogas vegetales, tintes comerciales en lugar de plantas tintóreas, cocinas de gas en lugar de leña, plástico en lugar de cestas tejidas/ recipientes de frutas y cemento/ clavos en lugar de materiales vegetales para construcción. Finalmente, una respuesta común (10%) es que los pobladores no hacen nada para conseguir o reemplazar los productos vegetales. En pocos casos por supuesto es correcto, pero es probable que la gente que ya no pesca con hojas de *Furcraea andina* tampoco use venenos industriales que son prohibidos. Sin embargo, mucha de la gente que contesta "no hace nada" ha reemplazado al antiguo producto vegetal con un producto industrial, p.e. para lavar ropas usa el jabón en lugar de hojas de *Acnistus arborescens* (tabla 7).

Conclusiones

En el bosque siempreverde montano bajo del sur-occidente del Ecuador (provincia Loja) existe una diversidad considerable de usos de

las plantas nativas, que actualmente todavía son aprovechadas en alto porcentaje, principalmente para la construcción, medicina y alimento (frutos comestibles) y la mayoría de la gente que ha usado recursos vegetales sigue esas prácticas.

Existe actualmente una diversidad considerable de uso técnico en la zona, aunque durante los últimos 50 años la innovación industrial ha sustituido a muchos usos de plantas, provocando que solo personas de edad avanzada los conozcan y realicen. Los usos que realizan los pobladores de la zona de estudio han sido aprendidos (transmitidos), observando las prácticas y acogiendo las instrucciones verbales de sus padres y abuelos.

No existe una relación entre las proporciones de la población que conoce el potencial de las plantas y hasta qué punto los pobladores abandonaron su uso. Los pobladores hacen mucho esfuerzo para buscar materiales de especies actualmente escasas o ausentes de sus comunidades, extrayendo de zonas más lejanas, pero también comprando a vendedores y manejándolas. Si no se consiguen las especies preferidas, se reemplazan con materiales parecidos de otras plantas o de la innovación industrial.

Las percepciones más importantes de las personas locales respecto a la escasez de las plantas son: por la sobreextracción y la deforestación, pero mucha gente no reconoce que la degradación ambiental es una causa importante para esta escasez.

Agradecimientos

A todas las personas de las poblaciones de Catamayo, Chaguarpamba, Olmedo, Paltas, Puyango y Sozoranga, que nos brindaron sus conocimientos. A la Agencia Danesa de Desarrollo Internacional (DANIDA) que a través del proyecto Biodiversidad y Especies Económicamente Importantes de los Andes Tropicales (BEISA) financiaron la presente investigación. A la Fundación del Príncipe Heredero de Dinamarca que ha facilitado el apoyo financiero para facilitar la prospección del campo. A la Universidad Nacional de Loja por el apoyo para realizar esta investigación. A Bolívar Merino por ayudar en la identificación de las plantas y a todo el personal del Herbario LOJA que apoyaron en esta investigación.

Bibliografía

Balslev, H. & B. Oellgaard. 2002. Mapa de la vegetación del sur de Ecuador. Pp. 51-64 En: Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E. & H. Balslev (eds.). Botánica Autroecuatoriana. Abya Yala, Quito.

Barfod, A & L.P. Kvist. 1996. Comparative ethnobotanical studies of Amerindian groups in Coastal Ecuador. The Royal Danish Academy of Sciences and Letters. Biological Papers (46): 1-168.

Cerón, C.E. 1993. Estudio preliminar de plantas útiles del Parque Nacional Machalilla. Provincia de Manabí, Ecuador. Hombre y ambiente, Ediciones Abya-Yala, Número Monográfico 25: 73-130.

Cerón, C.E. 1996. Diversidad, Especies Vegetales y usos en la Reserva Ecológica Manglares-Churute, Provincia del Guayas, Ecuador. Geográfica 36: 1-92.

Cerón, C.E. 2002. Aportes a la flora útil de Cerro Blanco. Guayas, Ecuador. Cinchonia 3: 17-25.

Cerón, C., W. Palacios, R. Valencia & R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la costa del Ecuador. Pp. 55-78 En: Sierra, R. (ed.) Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental, Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

Cerón, C., C. Montalvo, A. Calazacón & G.V. Toasa. 2004. Etnobotánica Tsáchila, Pichincha-Ecuador. Cinchonia 5: 109-194.

Hernández, C. & C. Josse. 1997. Plantas silvestres comestibles del Parque Nacional Machalilla. Hombre y Ambiente, Abya-Yala, Quito 40: 1-78.

Holm-Nielsen, L.B. Kvist L. P. & M. Aguavil. 1983. Las investigaciones etnobotánicas entre los Colorados y los Cayapas. Primer informe preliminar. Miscelánea Antropológica Ecuatoriana 3: 89-116.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo). 2001. VI Censo de Población y V de Vivienda. Htt:/www.inec.gov.ec.

Klitgaard B., P. Lozano, Z. Aguirre, Bolívar Merino, N. Aguirre, T. Delgado & F. Elizalde. 1999. Análisis florístico y estructural del bosque El Tundo Sozoranga, Ecuador. Herbario LOJA (3): 1-23.

Kvist, L.P. & L.B. Holm-Nielsen. 1987. Ethnobotanical aspects of Ecuador. Opera Botánica 92: 83-107.

Kvist, L.P., Andersen, M.K., Stagegaard, J. & C. Llapapasca. 2001. Extraction from woody forest plants in flood plain communities in Amazonian Peru: use, choice, evaluation and conservation status of resources. Forest Ecology and Management 150: 147-174.

León, M., Cueva, P., Aguirre, Z. & L.P. Kvist. 2006. Composición florística, estructura, endemismo y etnobotánica del bosque nativo "El Colorado", en el cantón Puyango, provincia de Loja. Lyonia 10 (2): 105-115.

Lozano, P. 2002. Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. Pp. 29-49 En: Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E. & H. Balslev (eds.). Botánica Autroecuatoriana. Abya Yala, Quito.

Madsen, J.E., Mix, R. & H. Balslev. 2001. Flora of Puná Island. Plant resources on a neotropical Island. Aarhus University Press, Aarhus. 289 p.

Pennington, T.D., C. Reynel & A. Daza. 2004. Illustrated guide to the trees of Peru. David Hunt, Sherborn. 848 p.

Ríos M. 1993. Plantas útiles en el noroccidente de la provincia de Pichincha. Hombre y Ambiente. Abya-Yala, Quito. 175 p.

Sanchez, O., Z. Aguirre & L.P. Kvist. 2006. Usos maderables y no maderables de los Bosques Secos de la Provincia de Loja. Lyonia 10 (2): 73-82.

Sierra, R. (ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRG y EcoCiencia, Quito. 194 p.

Valencia, R.N. Pitman, S. León-Yánez & P.M. Jorgensen. 2000. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 489 p.

Valencia, R., Cerón, C., Palacios, W. & R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la Sierra de Ecuador. Pp. 79-108 En: Sierra, R. (ed.) Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental, Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

Valverde, F.M. 1998. Plantas útiles del litoral ecuatoriano. Ministerio del Medio Ambiente, Guayaquil. 312 p.

Van den Eynden, V., Cueva, O. & O. Cabrera. 1999. Plantas silvestres comestibles del sur del Ecuador – wild plants of southern Ecuador. Ediciones Abya-Yala, Quito. 211 p.

Van den Eynden, V., Cueva, O. & O. Cabrera. 2003. Wild foods from southern Ecuador. Economic Botany 57: 576-603.

Anexo 1: Lista alfabética de los nombres científicos de las especies (con autores, familias y nombres comunes) mencionados en la presente contribución:

Acacia macracantha Humb. & Bonpl. ex Willd., Mimo (Faique) - *Acnistus arborescens* (L.) Schltdl., Sola (pico pico) - *Allophylus mollis* (Kunth) Radlk., Sapi (Shiringo) - *Annona cherimola* Mill., Anno (Chirimoya) - *Annona muricata* L., Anno (Guanabana) - *Arrabidaea* sp., Bign (Chacango) - *Cantua quercifolia* Juss., Pole (Pepiso) - *Carica* sp., Cari (Chamburo) - *Carludovica palmata* Ruiz & Pav., Cycl. (Toquilla) - *Cecropia litoralis* Snethl., Cecr (Guarungo, Chaguarquero, hormiguero) - *Cedrela odorata* L., Meli (Cedro) - *Centrolobium ochroxylum* Rose ex Rudd., Faba (Amarillo) - *Ceroxylon* sp., Arec (ramo) - *Chamaedorea linearis* (Ruiz & Pav.) Mart., Arec (Palmilla) - *Chenopodium ambrosioides* L., Chen (Paico) - *Chusquea* sp., Poac (Chincha) - *Cinchona pubescens* Vahl, Rubi (Cascarilla) - *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, Bora (Laurel) - *Costus comosus* (Jacq.) Roscoe, Cost (caña agria) - *Crescentia cujete* L., Bign (Totumo) - *Croton* sp., Euph (Moshquera) - *Cucurbita ficifolia* Bouché, Cucu (Poto) - *Cupania* sp., Sapi (Guabo blanco, Guabillo, Changue) - *Daphnopsis* sp., Thym (Barbasco) - *Escallonia paniculata* (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult., Gros (Chachacomo) - *Fulcaldea laurifolia* (Bonpl.) Poir ex Less., Aste (Guallache) - *Furcraea andina* Trel., Agav (Cabuya) - *Guadua angustifolia* Kunth, Poac (Guadua) - *Heliocarpus americanus* L., Tili (Balsilla, Huambo) - *Indigofera suffruticosa* Mill., Faba (Tintañil) - *Inga oerstediana* Benth. ex Seem., Mimo (Guaba musga) - *Inga spectabilis* (Vahl) Willd., Mimo (Guaba machetona) - *Jacaranda sparrei* A.H. Gentry, Bign (Arabisco) - *Juglans neotropica* Diels, Jugl (Nogal) - *Lasiacis* sp., Poac (Canutillo) - *Lantana* sp., Verb (choclillo) - *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl., Anac (Hualtaco) - *Luffa cylindrica* (L.) M. Roem., Cucu (Estropajo) - *Lycopersicum esculentum* Miller, Sola (Tomate) - *Machaerium millei* Standl., Faba (Chiche) - *Marcgravia* sp., Marc (Bejuco barbón) - *Marsdenia cundurango* Rchb. f., Ascl (Condurango) - *Mikania* sp., Aste (Gallardo) - *Mimosa albida* Humb. & Bonpl. ex Willd., Mimo (Yanangora) - *Munnozia* sp., Aste (Hoja blanca) - *Musa sapientum* L., Musa (Guineo) - *Myrcia fallax* (Rich.) DC., Myrt (Saca) - *Myroxylon peruiferum* L.f., Faba (Chaquino) - *Myrsine* sp., Myrs (Maco maco) - *Nectandra* sp., Laur - *Passiflora indecora* Kunth, Pass (Granadilla de ratón) - *Paullinia* sp., Sapi (Bejuco guabillo) - *Persea americana* Mill., Laur (Aguacate) - *Phytelephas aequatorialis* Spruce, Arec (Tagua) -*Phytolacca rivinoides* Kunth & C.D. Bouché, Phyt (Tuzara, atuczara) - *Piper* sp., Pipe (Matico) - *Pouteria lucuma* (Ruiz & Pav.) Kuntze, Sapo (Luma) - *Prunus* sp., Rosa (Almendro) - *Pseudobombax* sp., Bomb (Pache) - *Psidium guineense* Sw., Myrt (Guayabilla) - *Ricinus communis* L. Euph (Higuerilla) - *Rubus urticifolius* Poir, Rosa (Mora) - *Sapindus saponaria* L., Sapi (Jorupe, Checo) - *Scoparia dulcis* L., Scro (Tiatina, monte dulce) - *Senna spectabilis* (DC) H.S. Irwin & Barneby, Caes (Vainillo) - *Sida rhombifolia* L. Malv (Cosa cosa, pichana) - *Solanum albidum* Dunal, Sola (Tacuri, acura) - *Stromanthe ramosissima* L. Andersson, Mara (Dudilla) - *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson, Bign (Guayacán) - *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, Bign (Lame, guayacancillo) - *Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey. ex C.A. Mey., Poly (Fernan Sanchez, Roblón, Roble) - *Triumfetta althaeoides* Lam., Tili (Abrojo) - *Verbena litoralis* Kunth, Verb (Verbena) - *Vernonanthura patens* (Kunth) H. Rob., Aste (Laritaco) - *Viguiera* sp., Aste (Tarapo) - *Zanthoxylum* sp., Ruta (Tunduro).

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 224-238.

Etnobotánica en los Andes de Bolivia

Prem Jai Vidaurre[1,2], Narel Paniagua[1,3] & Mónica Moraes R.[1,4]

[1]Herbario Nacional de Bolivia, Cota Cota, Campus Universitario, Calle 27 s/n. La Paz, Bolivia
[2]email: manati_jai@yahoo.com, [3]bionp@biology.au.dk, nyaroslava@yahoo.es
[4]monicamoraes@acelerate.com

Abstract

The Bolivian Andes cover approximately 35% of the national territory and possess seven different eco-regions. The use of biodiversity resources found at 1,000 meters and above have been influenced and transformed in a variety of ways by historic processes. The ethnic composition of the high Andes is principally comprised by Aymara, Quechua, Uru, and Kallawaya populations, however peasant or *campesino* populations should also be considered as important inhabitants of the region. The Andean cultures have developed important crop species and the region is the center of origin of species such as *Chenopodium quinoa* and *Solanum tuberosum*, among others. Many additional plant species have been domesticated and employed in distinct uses, such as for medicines, construction, fuel and spiritual activities. An analysis of ethnobotanical publications in the National Herbarium of Bolivia (LPB) is also presented, showing that 94% of the documents in the collection have been carried out since the 1970s and concentrate on specific groups and themes such as the Kallawaya ethnic group and their knowledge medicinal plant use. Approximately 63% of the documents reviewed focus on one category of use, of which 42% concern the study of the use of medicinal plants. Other areas that have received study are specific works on the use of plants for crafts, food, forage, and fuel.
Key words: Andean cultures, Ethnobotany, Agro biodiversity, Useful plants, Bolivia.

Resumen

Los Andes de Bolivia ocupan aproximadamente el 35% del territorio nacional y contienen a siete diferentes ecoregiones. El uso de recursos de la biodiversidad presentes por encima de los 1.000 m de altitud, incluye un amplio contenido de herencia cultural prehispánica, que ha sido influenciado y transformado a diferentes niveles por el proceso histórico del país. El etnoconjunto andino está constituido principalmente por las etnias Aymaras, Quechuas, Urus y los Kallawayas; sin embargo, se debe también tomar en cuenta a las poblaciones campesinas o poblaciones de origen étnico mixto. La cultura andina ha desarrollado cultivos importantes, cuya área geográfica representa el centro de origen de especies como *Chenopodium quinoa* y *Solanum tuberosum* entre otros, también ha identificado especies vegetales útiles pertenecientes a distintas categorías de uso, predominando las que son utilizadas en la alimentación, la medicina, la construcción, como combustible y de uso doméstico. Por otro lado, el análisis referente a las publicaciones etnobotánicas de los Andes de Bolivia depositadas en la biblioteca del Herbario Nacional de Bolivia, señala que el 94% han sido realizadas a partir de la década de los 70´s, y que la documentación generada se ha concentrado en temas y grupos específicos como los Kallawayas y su conocimiento acerca del uso medicinal de las plantas. El 63% de los trabajos revisados se han concentrado en el estudio de una sola categoría de uso, de los cuales el 42% corresponden al estudio de las características de uso de las plantas con fines medicinales. Otras categorías de uso que han merecido estudios específicos son el uso de las plantas con fines artesanales, para la alimentación, para forraje, como fuente de combustible y las cultivadas.
Palabras clave: Culturas altoandinas, Agrobiodiversidad, Plantas útiles, Categorías de uso, Bolivia.

Introducción

El conocimiento tradicional en el eficiente manejo de los recursos podría ser un importante instrumento para asegurar la sostenibilidad de los futuros sistemas de manejo (Boom 1987, Prance *et al.* 1987, Phillips *et al.* 1994). Sin embargo, aunque este conocimiento es de central importancia

en la conservación, el entendimiento de los factores que afectan la forma en la que las personas consideran y usan los recursos aun no ha sido suficientemente comprendido (Peters *et al*. 1989, Coomes 1995, Lawrence *et al*. 2005). En este proceso la etnobotánica, sobre la dinámica de la relación entre el hombre y las plantas, aparece como la herramienta que podría articular el uso de los recursos y su conservación.

La relación hombre-planta, tanto a nivel comunal como individual, está orientada por diferentes estrategias de vida, la mayoría combinando actividades de subsistencia con otras que les revierten ciertos beneficios económicos (Belcher *et al.* 2005). La selección de esta estrategia está guiada por la percepción de la relación costo-beneficio, vinculada con las diferentes opciones disponibles y la influencia de los factores sociales, económicos, políticos y / o ecológicos que las rodean (Coomes & Barham 1997, Pichón 1997, Byg & Balslev 2004).

En este sentido, Bolivia alberga una gran diversidad biológica y cultural, cuya interacción ha permitido el surgimiento de un lenguaje de entendimiento entre ambos. Este lenguaje, durante siglos, ha hecho posible la comunión de gente y naturaleza en base al aprovechamiento y conservación de los recursos naturales. Es así, que se han formado identidades culturales propias respecto a la comprensión, respeto y cariño a la naturaleza y sus diferentes manifestaciones. En esta cosmovisión se han identificado plantas utilizadas en la domesticación de alimentos, en la medicina, para la construcción, en la fabricación de utensilios, herramientas, artículos utilizados como vestimenta e instrumentos musicales, entre otros distintos usos, los cuales además son el reflejo de un alto contenido simbólico y artístico.

Las culturas asentadas en los Andes

Los Andes de Bolivia ocupan aproximadamente el 35% del territorio nacional y se ubica en la parte occidental del país abarcando a siete ecoregiones de las 12 descritas para Bolivia por Ibisch *et al*. (2003). Estas ecoregiones son la puna del norte y del sur, para la región del Altiplano y la alta cordillera; y los bosques secos interandinos, la prepuna, el Chaco serrano, los Yungas y el bosque tucumano-boliviano para la región de los valles interandinos y la vertiente oriental (Ibisch *et al.* 2003). A la existencia de estas ecoregiones se atribuye la alta diversidad biológica, que tradicionalmente ha sido aprovechada por las poblaciones que las habitan.

El uso de recursos de la biodiversidad presentes por encima de los 1.000 m de altitud en las mencionadas ecoregiones incluye un amplio contenido respecto a la herencia cultural prehispánica, que indudablemente ha sido influenciado y transformado a diferentes niveles por el proceso histórico del país. En este sentido, los diferentes aspectos tradicionales de acceso y manejo de recursos se asientan principalmente en dos contextos: 1) Los Ayllus y las comunidades originarias de la región del Altiplano y 2) las comunidades campesinas principalmente en la región de valles interandinos. Según Calvo (2003), los Ayllus y las comunidades originarias son el resultado de la fragmentación de los señoríos Aymara y se caracterizan por no haber sido incorporados al sistema de haciendas. En los Ayllus, el sistema tradicional de autoridades y el acceso a diversos pisos ecológicos se encuentra vigente en mayor medida que en las comunidades originarias. Las comunidades campesinas en cambio, están en su mayoría reconstituidas en base a lo que fueran anteriores familias de trabajadores de haciendas disueltas durante la Reforma Agraria en 1953.

La diversidad cultural de Bolivia está conformada por alrededor de 37 grupos étnicos (Plaza & Carvajal 1985, Giménez 1996, Díez-Astete & Murillo 1998), que representan más del 60% de la población boliviana (Calvo 2003). Estos pueblos están asentados en diferentes ecoregiones, donde han desarrollado una

relación estrecha con su medio ambiente. Díez-Astete & Riester (1996) reconocen a cinco grandes espacios territoriales tradicionales, a los cuales se denominan como etnoconjuntos. El etnoconjunto andino que corresponde a los Andes, está constituido principalmente por las etnias Aymara, Quechua, Urus y Kallawaya. Sin embargo, y considerando su amplia relación con el medio ambiente se debe tomar en cuenta también a las poblaciones campesinas o poblaciones de origen étnico mixto (denominados también como mestizos).

Los Aymara actualmente constituyen el 25.19% de la población boliviana (Calvo 2003). Más de tres cuartas partes viven en el departamento de La Paz y en menor proporción en los departamentos de Oruro, Potosí y Cochabamba (Albo 1998). Tienen importantes elementos simbólicos y tradiciones que están fuertemente arraigados en su cultura (Sandoval *et al.* 1987). Son herederos de una cultura agrícola, la cual ha sido mantenida y desarrollada, realizando un histórico control vertical de los pisos ecológicos. Se encuentran principalmente situados en el Altiplano norte, representado por el área circundante del lago Titicaca que es el centro de origen de los granos andinos como la quinua (*Chenopodium quinoa*), cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*), además de tubérculos andinos como la papa (*Solanum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*). Los Aymara también están presentes, en menor proporción, en los valles interandinos y los bosques de los Yungas, donde se desarrolla la producción de maíz (*Zea mays*) y de la coca (*Erythroxylum coca*) entre otros.

Los Quechua con una población que representa más del 30% (2.539.044 habitantes) de la población boliviana (Calvo 2003) habitan el norte de La Paz, los valles centrales de Cochabamba, Oruro, Chuquisaca y el norte de Potosí, así como áreas de colonización de Santa Cruz y el Chapare (Díez-Astete & Riester 1996, Montes de Oca 1997). Han desarrollado la agricultura en una gran parte de los valles interandinos, que también responde al control vertical de los pisos ecológicos, con productos tradicionales como tubérculos y granos andinos, a los que se adiciona el amaranto (*Amaranthus mutabilis*), el maíz (*Zea mays*) y raíces como la racacha (*Arracacia xanthorrhiza*), ajipa (*Pachyrhizus ahipa*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), yuca (*Manihot esculenta*) y el jamachi p'eque (*Maranta arundinacea*), entre otros.

Los Urus representan la sobrevivencia étnica más antigua del mundo andino y actualmente cuentan con una minoría étnica del 0.02% sobre la población boliviana (Calvo 2003). Se ubican en los departamentos de La Paz y Oruro, a orillas del río Desaguadero, lago Poopó y el norte del salar de Coipasa en el Altiplano central. Están representados por tres grupos, los Uru Iruito (La Paz), los Uru Mururato y los Uru Chipaya (Oruro). En general, se caracterizan por su adaptación al régimen de producción acuática y al desarrollo de la pesca; su relación con la vegetación les ha permitido domesticar plantas acuáticas de las que extraen alimentos y elaboran vestidos, utensilios, instrumentos musicales y viviendas (Plaza & Carvajal 1985). Entre las especies más aprovechadas destacan la totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora*) por sus múltiples usos en construcción y alimentación, además de algunos cultivos importantes como la papa (*Solanum tuberosum*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y la cañahua (*Chenopodium pallidicaule*; Plaza & Carvajal 1985, Ríos & Rocha 2002).

Los Kallawaya con una representación poblacional minoritaria se ubican en las regiones elevadas de la cadena montañosa de Apolobamba y la región de Ulla Ulla hasta en los valles húmedos altos de los Andes, en la provincia Bautista Saavedra del departamento de La Paz (Araucaria 2004). Poseen una simbología consistente y particular que los diferencia entre los Aymara y los Quechua. Su relación con la naturaleza les ha permitido un especializado conocimiento herbolario-

curativo de plantas silvestres y cultivadas que utilizan como elementos rituales y ceremoniales en sus prácticas mágicas y medicinales, lo que les ha merecido el reconocimiento como médicos itinerantes de los Andes (Araucaria 2004, Girault 1987). Desde su conocimiento han aportado con importantes especies medicinales como la quina (*Cinchona officinalis*), la genciana (*Gentiana lutea*) o el aceite de copaiba (*Copaifera officinalis*) entre otras y diversos productos medicinales en base a plantas y minerales (Oblitas 1992).

La etnobotánica como parte de las estrategias de vida de las culturas andinas

La cultura andina posee una historia que se remonta al periodo de la cultura de Tiwanacu (De Mesa *et al.* 1988), de la cual han heredado y desarrollado cultivos importantes, cuyo centro de origen es el área próxima al lago Titicaca (departamento La Paz y Perú). Actualmente se debe entender a la agricultura como un eje cultural que refleja su estrecha relación con la cosmovisión andina. La práctica de la agricultura contiene conocimientos tradicionales relacionados a la predicción del clima, el manejo de suelos y los recursos hídricos, y el mantenimiento y desarrollo de la agrobiodiversidad entre otros, los cuales están asociados a prácticas rituales y ceremoniales que demuestran el respeto y cariño por la naturaleza. En este sentido, la etnobotánica aborda el tema desde su perspectiva más amplia.

La agricultura andina y sus recursos han sido temas ampliamente estudiados desde distintos puntos de vista, entre ellos la botánica económica, la diversidad inter e intra específica y el origen de especies domesticadas, con importantes aportes de investigadores como Cárdenas (1969), Gandarillas (1979) y Rea (1992), así también publicaciones como el libro *"Nuestros conocimientos y prácticas agropecuarias tradicionales en Bolivia-región Altiplano"* publicado por Hatch *et al.* (1983). En su momento, esta publicación presentaba singulares características, como el hecho de haber sido escrita en su mayor parte por familias campesinas de origen Quechua y Aymara, y donde se hace referencia al sistema de la aynuka, la rotación y asociación de cultivos, a los indicadores naturales para la predicción del tiempo, a las plantas medicinales, a la preparación de alimentos y a sus rituales, como la cha'lla a los productos agrícolas. La *cha'lla* es una ceremonia de profunda relevancia para las comunidades no solo étnicas, sino también mestizas, que consiste en expresar augurios de mejor vida, de bonanza y de producción como una dedicación a las fuerzas naturales manifiesta en la madre tierra o Pachamama.

Uno de los grupos de usos más importantes de recursos fitogenéticos se concentra en el sector agrícola y se ha priorizado la producción atendiendo a la seguridad alimentaria, para la agroindustria local y exportación de excedentes (Moraes *et al.* 1996). Actualmente instituciones como el Centro de Servicios Agropecuarios (CESA), Agroecología Universidad de Cochabamba (AGRUCO), Agricultura Ecológica (AGRECOL), Cai-Ispalla, la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) y el Herbario Nacional de Bolivia (LPB) están involucrados en la documentación del conocimiento y las prácticas tradicionales relacionadas a la agricultura andina en temas como los bioindicadores climáticos, la variabilidad nominal y genética de los cultivos, el rol de género en su conocimiento, las ferias de agrobiodiversidad, festividades y rituales entre otros. Cada uno de estos temas es parte de las estrategias de vida que fortalecen la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad.

La agrobiodiversidad, sostenida en las parcelas y praderas de los agricultores, constituye la base de la seguridad y soberanía alimentaria de las poblaciones andinas. Entre estos cultivos andinos se tienen especies de mayor importancia. La agrobiodiversidad está

sustentada por la cultura de las poblaciones, que involucra el mantenimiento de las autoridades originarias y el conocimiento tradicional. Este último contiene, además de la domesticación e introducción de especies foráneas, importantes temas abordados desde la etnobotánica, entre ellos los bioindicadores, parientes silvestres y, la trasformación y conservación de productos. Los bioindicadores, conocidos localmente como señas, son indicadores naturales para la predicción del tiempo (clima) y la producción de cultivos. Contienen una amplia diversidad de elementos naturales como especies de fauna y flora, entre estas últimas, las generalmente consultadas corresponden a phuscalli (Cactaceae), itapallo (*Urtica urens*) y la papa (*Solanum tuberosum*) (Hatch *et al.* 1983), además de la k'hoa (*Satureja boliviana*), totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora*) y chilliwa (*Festuca dolichophylla*) (Canales & Taquila 2003).

En relación a los parientes silvestres de plantas cultivadas productoras de granos y tubérculos andinos, la quinua (*Chenopodium quinoa*) cuenta con un pariente menudo, la cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) y silvestres como las ajaras o aras (*Chenopodium* spp.), además de varias especies de la familia cercana de las amarantáceas, como el amaranto (*Amaranthus caudatus*; Beck *et al.* 1999, Flores *et al.* 2005). Los parientes silvestres de plantas productoras de tubérculos y raíces localmente se conocen con el nombre genérico de aparus o k'itas (*Solanum* spp. y otros). Los pastores andinos también utilizan una amplia variedad de especies de *Calandrinia*, *Oxalis*, *Portulaca*, *Stangea* y otras con fines alimenticios (Moraes *et al.* 1996, Pestalozzi & Torrez 1998, Rea 1985, Beck *et al.* 1999).

El conocimiento tradicional andino ha aportado con importantes tecnologías en conservación y transformación de alimentos. Dentro los procesos de conservación contamos con la elaboración del chuño y la tunta a partir de diferentes procesos de deshidratación de la papa (*Solanum tuberosum*) y la elaboración de la kaya a partir de la oca (*Oxalis tuberosa*) (Hatch *et al.* 1983). Los granos de quinua (*Chenopodium quinoa*), cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) y maíz (*Zea mays*) son transformados en pitos (polvo) y harinas para distintos usos (Alanoca *et al.* 2005, Flores *et al.* 2005). Estos procesos de transformación y conservación son importantes porque además de prolongar el tiempo para su consumo, ofrecen variedad de productos y posibilitan distintos preparados para la dieta diaria, como la elaboración de la tayacha de pito de cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) o la tayacha de isaño (*Tropaeolum tuberosum*). A partir del pito y la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañanua (*Chenopodium pallidicaule*) se puede elaborar también la quispiña, sopas y bebidas entre otros (Alanoca *et al.* 2005, Flores *et al.* 2005).

Dentro los eventos relacionados a la utilización de la agrobiodiversidad están las ferias locales, que representan el mecanismo local para el abastecimiento de semillas, posibilitando un flujo de movimiento y dispersión de poblaciones varietales dentro de distintos ecosistemas y con éstos, el conocimiento individual del uso y manejo de cada variedad. Estas actividades, permiten inventariar a las poblaciones, su distribución, procedencia, rutas de semillas y agricultores conservacionistas (Ruiz 2005). A su vez, las ferias son el espacio donde se practica el trueque, se intercambian productos de la puna (p.e. el chuño, la papa *Solanum tuberosum* y la quinua *Chenopodium quinoa*) con productos procedentes de los valles y / o los Yungas (p.e. el maíz *Zea mays* y la coca *Erythroxylum coca*). Dependiendo de la magnitud de la feria, estas también pueden incluir productos procedentes de las tierras bajas (p.e. frutos de palmas como los del motacú: *Attalea phalerata* o productos cultivados como el cacao: *Theobroma cacao*) y productos de la costa del océano Pacífico de Perú y de Chile.

Además de las cultivadas, otras especies silvestres son también utilizadas como fuente

de alimento, principalmente en las regiones boscosas de montaña. Dentro de las especies alimenticias en el bosque montano de Yungas, se encuentran el monte naranja (*Rheedia gardneriana*), el nuí (*Pseudolmedia laevis*) y otras moráceas de los géneros *Coussapoa* y *Ficus*, especies como el majo (*Oenocarpus bataua*) y otras pertenecientes a la familia Arecaceae, que tienen frutos comestibles y semillas que dan aceite (Gonzáles & Hinojosa 1999, Araucaria 2004).

Respecto a las plantas medicinales, destaca la cultura Kallawaya, a la cual se le atribuye el conocimiento tradicional de aproximadamente 900 diferentes especies de plantas (Girault 1987). También se han realizado estudios importantes dentro las culturas Aymara y Quechua en la región del Altiplano, como los publicados por Zalles & De Lucca (1991), De Lucca & Zalles (1992) y Loza-Balsa (1995). En relación a la medicina tradicional de los valles interandinos, sobre todo del departamento de Cochabamba, destaca el potencial etnofarmacológico identificado para los Jampiris de Raqaypampa y los trabajos realizados con las asociaciones de médicos tradicionales en publicaciones como las de Alba *et al.* (1993), Alba (1994), Pestalozzi & Torrez (1998), Arrázola (1999) y Vandebroek *et al.* (2003). Por otro lado, también se han realizado estudios etnobotánicos en mercados especializados en la venta de plantas medicinales dentro ciudades de La Paz y El Alto, como los de Vidaurre (2000) y Macía *et al.* (2005), donde se han identificado además plantas utilizadas en ceremonias o de uso ritual.

Otras categorías de plantas útiles que se han estudiado en los Andes son las combustibles, artesanales y las de uso en la construcción, se debe tener en cuenta que existen numerosas especies que pertenecen a más de una categoría de uso. Dentro las combustibles resaltan para la región del Altiplano la thola (nombre vernacular de varias especies, figura 1, entre ellas *Parastrephia lepidophylla, P. lucida, P. quadrangularis, Baccharis incarum, B. boliviensis*), la yareta (*Azorella compacta*), la keñua (*Polylepis tarapacana*) y la yaretilla (*Frankenia triandra*) (Nagashiro 1992, Morales 1994, Torrico *et al.* 1994, Pestalozzi & Torrez 1998, García 2001, Hinojosa 2002, Ríos & Rocha 2002, Zeballos *et al.* 2003). En el caso de los valles destaca el uso de especies arbóreas como la tusca (*Acacia aroma*), el churqui (*Acacia caven*), el molle (*Schinus molle*), el algarrobo (*Prosopis laevigata, P. alba* y *P. flexuosa*) que crecen en las partes bajas del valle y el pino del cerro (*Podocarpus* spp.) que crece en las quebradas altas, cuyos tronco y ramas son utilizados como fuente de leña y carbón (Beck *et al.* 2001).

La elaboración de artesanías como las desarrolladas por las comunidades cercanas al lago Titicaca (departamento de La Paz), representa una fuente importante de recursos económicos para los pobladores; la materia prima vegetal utilizada es la fibra de la chilliwa (*Festuca dolichophylla*) y la totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora*), con las que realizan diferentes objetos decorativos que son comercializados localmente, y también utensilios de uso cotidiano como la fabricación de moldes para la fabricación de quesos (Pestalozzi & Torrez 1998, Ríos & Rocha 2002, Vidaurre & Beck 2003). La comercialización de productos elaborados con fibras naturales también se extiende a los valles donde especies arbustivas como el guaranguay (*Tecoma tenuiflora*) son utilizadas en la fabricación de canastos que además son utilizados para la comercialización de sus productos (p.e. duraznos, uva) en los mercados locales (Beck *et al.* 2001). Algunas comunidades andinas aún conservan la tradición del uso de algunos tintes vegetales extraídos de especies arbustivas como la thola (*Baccharis incarum*) o la k'hoa (*Satureja boliviana*); cactáceas como el ayrampu (*Opuntia soehrensii*) y arbóreas como la queñua (*Polylepis* spp.) son utilizados para el teñido de lana ovina o camélida (Pestalozzi & Torrez 1998, Vidaurre & Beck 2003). En los valles la corteza del cebil (*Anadenanthera macrocarpa*) es empleada como sustancia para curtir cueros, especialmente el del ganado bovino (Villanueva

Fig. 1: Tholas (*Parastrephia* spp.) apiñadas al lado de una vivienda para ser utilizadas como combustible (Sama, Tarija). Foto: N. Paniagua.

1997). Un uso destacable en las comunidades de los valles y las zonas de pie de monte al sur de Bolivia en Tarija y Chuquisaca y al norte de La Paz en la zona de los Yungas, es el uso de la madera para la fabricación de diferentes tipos de utensilios y herramientas, es el caso de especies como el aliso (*Alnus acuminata*), algarrobo blanco (*Prosopis alba*), tipa colorada (*Pterogyne nitens)* utilizadas para la fabricación de arados, bateas, mangos de hachas y utensilios de cocina (platos y cucharas) (Nagashiro 1992, McKean & Robinson 1996, Villanueva 1997, Beck *et al.* 2001).

Respecto a los recursos botánicos utilizados en construcción, las comunidades aymaras (cercanas al lago Titicaca, departamento de La Paz) y los Urus (departamento de Oruro) han diversificado el uso de especies como la totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora,* figura 2) que emplean en la construcción de sus viviendas, de las islas flotantes en las que habitan y para la construcción de sus embarcaciones (Ríos & Rocha 2002). En algunas comunidades en el altiplano, la paja iru icchu (*Festuca orthophylla*) y la hualla (*Festuca fiebrigii*) también son utilizadas para el techado de las viviendas (Pestalozzi & Torrez 1998, Ríos & Rocha 2002). En la zona de los valles tarijeños destaca el uso de especies arbóreas para la construcción de cercos, como es el caso del pino del cerro (*Podocarpus parlatorei*) y el aliso (*Alnus acuminata*), para cercos vivos especies como los churquis (*Acacia* spp., figura 3) y el chañar (*Geoffroea decorticans*) son las preferidas. Las comunidades campesinas ubicadas en las zonas altas de los valles secos en Tarija, conocida como la zona de la Prepuna, hacen uso de la madera seca de una cactácea dominante en el área, el cardón (*Trichocereus tarijensis*), ampliamente utilizada para la construcción de puertas y techos entremezcladas con otras especies (Beck *et al.* 2001).

El uso de las plantas por las poblaciones en los Andes también se extiende las especies maderables, como las que son empleadas por las comunidades próximas a las formaciones boscosas montanas al sur de Bolivia, entre estas tenemos al nogal (*Juglans australis*), a la quina colorada (*Myroxylon peruiferum*), el urundel (*Astronium urundeuva*), los lapachos (*Tabebuia* spp.), al cedrillo (*Cedrela lilloi*), el pino (*Podocarpus oleifolius*) y el cedro (*Cedrela odorata*) utilizadas como fuente de madera de uso local para la fabricación de muebles, puertas y ventanas (McKean & Robinson 1996, Villanueva 1997, Gonzáles & Hinojosa 1999, Araucaria 2004).

Fig. 2: Totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora*) que emplean en la construcción de viviendas en comunidades cercanas al lago Titicaca (Cachilaya, La Paz). Foto: P.J. Vidaurre.

Fig. 3: Cercos de churquis (*Acacia* spp., Río Hondo, Tarija). Foto: N. Paniagua.

El conocimiento de las especies que son fuente de forraje también ha sido el sujeto de diferentes estudios, la diversidad de especies que han sido identificadas como fuente de forraje incluyen tanto a gramíneas como la chilliwa (*Festuca dolichophylla*), cebadilla (*Bromus catharticus*), brama (*Hordeum muticum*), grama grama (*Cynodon dactylon*), crespillo (*Calamagrostis curvula*), llampu ichu (*Stipa brachyphylla*), sica ichu (*Stipa obtusa*) y otras familias como el chekmu (*Trifolium amabile*), entre muchas otras especies típicas de las regiones altiplánicas en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y Cochabamba (Aleman & Frontanilla 1987, Montaño & Mosquera 1987 cit. en García 1992). En los lagos Uru Uru,

Poopó y lagunas aledañas en el departamento de Oruro y el lago Titicaca en el departamento de La Paz, una fuente importante de forraje es la totora (*Schoenoplectus californicus* ssp. *tatora*) (García 1992, Ríos & Rocha 2002). En la prepuna de los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija, especies como el churqui (*Prosopis ferox*), el tacko o algarrobo (*P. alba*), el palqui (*Acacia feddeana*), la cola de caballo (*Ephedra americana*), la pusa keallo (*Oreocereus fossulatus*), y *Pennisetum chilense* entre otras se reconocen como forrajeras por su valor nutritivo y palatabilidad (García 1992, Beck *et al.* 2001).

El conocimiento acerca de la utilidad de las plantas, se extiende también hacia su uso dentro los sistemas agrosilvopastoriles, es el caso de especies arbustivas como *Achyrocline alata*, que se emplea en cortinas contra heladas y cercas vivas, o especies arbóreas como la kiswara (*Buddleja* sp., figura 4) que es utilizada para formar cortinas protectoras contra heladas, barreras vivas con formación lenta de terrazas para uso agrícola, bosquetes para producción de tierra compostada y en estabilización de cárcavas para proteger áreas agrícolas (Alcalde *et al.* 1990).

Categorías de uso en los estudios etnobotánicos

Gran parte de los estudios etnobotánicos realizados en los Andes de Bolivia se encuentran dispersos en las bibliotecas de las diferentes organizaciones gubernamentales (p.e. universidades y los institutos de investigación) y no gubernamentales, que han venido trabajando con el tema. Mucha de esta información corresponde a informes internos, manuscritos y trabajos de tesis que no han sido publicados, lo que limita su acceso. Basamos nuestro análisis en 59 publicaciones que tocan el tema del uso y el manejo de los recursos de la flora en los Andes de Bolivia (por encima de los 1.000 m) y que se encuentran depositadas en la biblioteca del Herbario Nacional de Bolivia (LPB) en La Paz, que es parte de Instituto de Ecología (IE) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Dentro de estas publicaciones, el 94% ha sido realizado a partir de la década de los 70´s y se concentran a partir de la década de los 90's (77% de las publicaciones).

Fig. 4: Kiswara (*Buddleja* sp.) utilizada para formar cortinas protectoras contra heladas (Calla Arriba, La Paz). Foto: P.J. Vidaurre.

La documentación generada acerca del uso de las plantas se ha concentrado en temas y grupos específicos como los Kallawaya y su conocimiento acerca del uso medicinal de las plantas. Sin embargo, también se han extendido hacia grupos de mayor distribución como Quechua y Aymara, en que además se han identificado otras categorías de uso como las cultivadas, alimenticias, de construcción, combustible, para forraje y artesanal entre otras.

El 63% de los trabajos revisados se ha concentrado en el estudio de una sola categoría de uso, de los cuales el 42% corresponde al estudio de las características de uso de las plantas con fines medicinales. Otras categorías de uso que han merecido estudios específicos son el uso de las plantas con fines artesanales, para la alimentación, para forraje, como fuente de combustible y las cultivadas. Un 37% de los estudios incluye una evaluación general de las plantas útiles, donde se incluyen además estas y otras categorías de uso (Figura 5).

Dentro los trabajos que incluyen a los estudios de plantas útiles en general se han identificado nueve categorías de uso mayor, donde destacan las plantas medicinales, alimenticias, de forraje, de combustible y de construcción. Otros usos menores han sido incluidos dentro la categoría de Otros, que abarca a usos como ornamental, comercial, uso doméstico, bioindicadores, insecticidas y venenos, para curtiembre y mejoramiento de suelos, entre otros (Figura 6). El 66% de los trabajos revisados presenta listas de especies que incluyen tanto nombres locales como científicos; son pocos los trabajos que solamente incluyen nombres locales (Figura 7a). El 42% de los trabajos corresponde a estudios que dan una breve descripción del uso e incluye nombres científico local. El 19% de los estudios cuenta con una descripción detallada acerca del uso de las especies, el 50% de estos trabajos corresponde a estudios relacionados con uso medicinal de las plantas, donde la información frecuentemente incluye un detalle de la preparación y dosificación del producto (Figura 7b).

La tendencia que han seguido los trabajos en etnobotánica anteriores al año 1999 ha sido una descripción cualitativa acerca del uso de las especies, en ningún caso los estudios han presentado información cuantitativa que permita hacer un análisis respecto al uso de los recursos. Es solamente a partir del año 1999 que el enfoque cuantitativo se presenta en los trabajos etnobotánicos; sin embargo, aun son muy pocos lo estudios que incluyen la cuantificación del uso de las especies y su

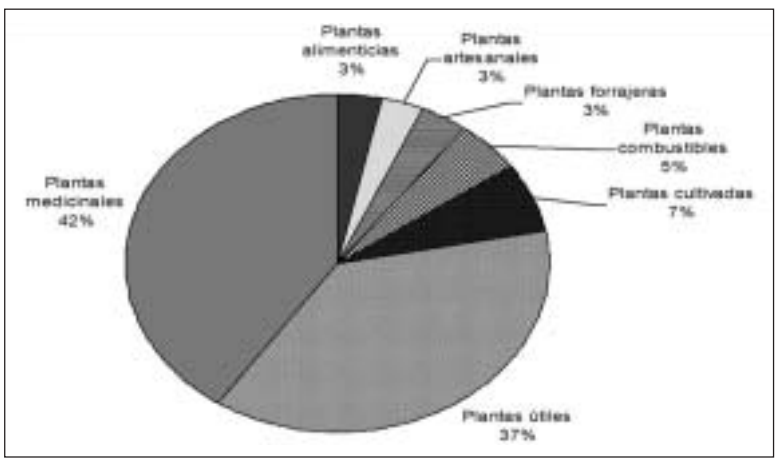


Fig. 5: Categorías de uso a las que se ha dirigido la realización de estudios etnobotánicos en los Andes de Bolivia.

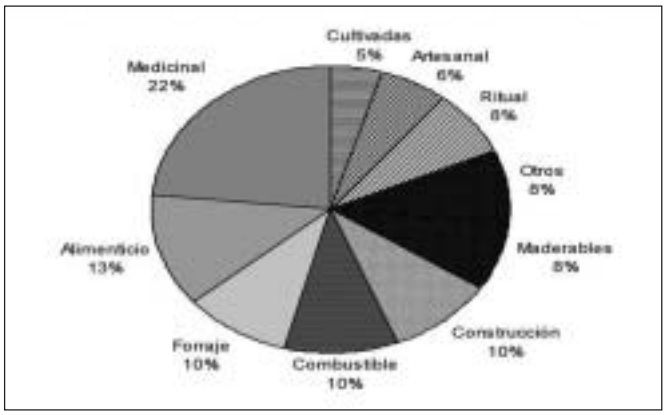
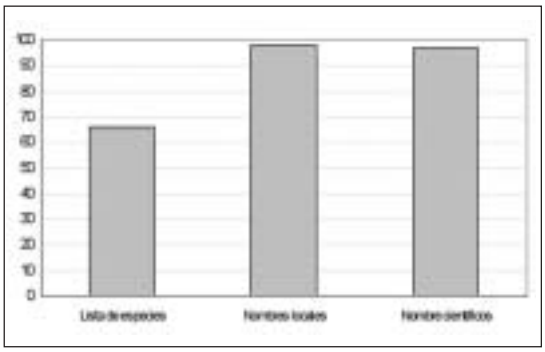


Fig. 6: Categorías de uso incluidas en los estudios etnobotánicos en los Andes de Bolivia.

a)



b)

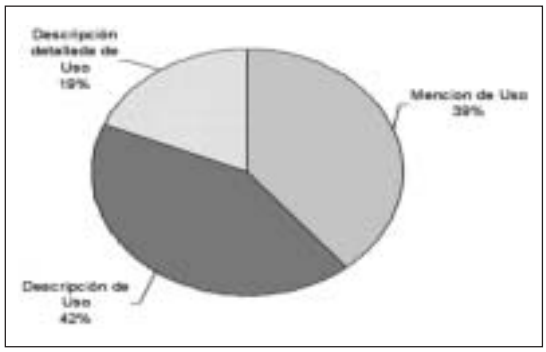


Fig. 7: a) Contenido en relación a la identificación de las especies útiles y b) sus descripciones de uso en los estudios etnobotánicos realizados en los Andes de Bolivia.

relación con los factores socioeconómicos que dirigen su uso. Por otro lado, existen publicaciones respecto a la flora y vegetación donde se menciona el uso de ciertas especies como en la Guía de Árboles de Bolivia (Killeen *et al*. 1993) entre otros muchos que no son especíicamente estudios etnobotánicos.

Los recursos botánicos identificados en el desarrollo local de los pueblos

A partir de la información revisada, podemos decir que los grupos humanos asentados en la región de los Andes de Bolivia han identificado especies vegetales útiles pertenecientes a todas las categorías de uso, predominando las que son utilizadas en alimentación, medicina, construcción, como combustible y de uso doméstico. Esta relación con la vegetación pretende satisfacer la demanda de necesidades que tienen las poblaciones.

El uso de los recursos botánicos está basado en el conocimiento milenario de los pueblos, su diversidad cultural y diversidad biológica de los ecosistemas en los que se encuentran. Sin embargo, uno de los principales factores que está afectando a la continuidad en uso y el conocimiento tradicional de los recursos son los modelos de ocupación que se han desarrollado sobre la masiva destrucción de

los ecosistemas naturales y el uso desmedido de los recursos (Hecht 1992). Esto ha implicado un alto costo social, cultural y ambiental (Cunningham 2001).

La degradación acelerada de los ecosistemas naturales ha ocasionado que muchos recursos desaparezcan antes de ser conocidos e incluso antes que de su utilidad sea documentada. Por otro lado, la falta de estudios botánicos que documenten la amplia utilidad de algunas especies y las alternativas disponibles, también podrían ser consideradas entre las causas que han ido generando la subutilización de muchas especies en diferentes rubros, como el energético (leña y carbón), pequeña industria (artesanía, medicina, entre otras), fuente de forraje y conservación de suelos (Nagashiro 1992). Ademas, se suma la ausencia de coordinación, la falta de divulgación de los trabajos ya generados y reducida accesibilidad a la información generada por las instituciones de investigación.

La identificación de los recursos útiles, sus características de uso, estado de conservación, disponibilidad y manejo tradicional a través de estudios etnobotánicos en los Andes podrían constituirse en medios importantes para mejorar las condiciones de vida de los pobladores y garantizar disponibilidad de los recursos a largo plazo. Asimismo, el revalorizar el conocimiento tradicional y la dignidad de los pueblos podría promover la protección y conservación de sus recursos y por lo tanto de la diversidad biológica en nuestro país.

En este proceso es importante tomar en cuenta que el conocimiento tradicional de los pueblos ha hecho posible el aprovechamiento y conservación de los recursos de la biodiversidad a lo largo de siglos, por estar insertos dentro de los valores, creencias y rituales de estrategias tradicionales de subsistencia de los pueblos; en algunos casos bajo un sistema de reglas y una ética común del uso de los recursos naturales (Posey 1985 cit. en Tresierra 1998, Anderson & Posey 1989, Alcorn 1989, Anderson 1990). Esta ética de uso se basa en la idea que el medio ambiente biofísico y los seres humanos están conectados conjuntamente en una red de relaciones de parentesco y que interactúan (Berkes *et al.* 1993). Esta cosmovisión de los pueblos es sustentada por distintos principios basados en su relación con el medio y su uso sostenible, una visión propuesta y apoyada con mayor fuerza durante las últimas décadas. Uno de los valores básicos de muchos grupos indígenas es la idea de compartir los bienes y restringir su acumulación, lo que ha llevado a una optimización en el uso de los recursos y por ende a su conservación. Por otra parte, la autonomía de la comunidad es un valor clave, garantizando el acceso libre a los recursos del bosque pero a la vez cuidando de ellos al destinar, desde su conocimiento tradicional, áreas exclusivas para el aprovechamiento de determinados recursos (Tresierra 1998).

Referencias

Alanoca, C., P.J. Vidaurre, J. Flores, W. Rojas, J. Soto & M. Pinto. 2005. Validación de estudios de caso del cultivo de cañahua en las comunidades de Patarani (provincia Ingavi) y Coromata Media (provincia Omasuyos). pp 209-230 En: Rojas, W. (ed.) Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Fundación PROINPA, La Paz. No publicado.

Alba, J.J., L. Tarifa & Los Jampiris de Raqaypampa. 1993. Los Jampiris de Raqaypampa. CENDA, Cochabamba. 377 p.

Alba, J.J. 1994. La medicina tradicional de la provincia de Arque. Cochabamba.

Albo, X. 1998. Quechuas y aymaras. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, La Paz.

Alcalde, M., Chio R., Macera C., Ríos Z. & M. Rodríguez. 1990. Especies agrosilvo-pastoriles para la zona altoandina. ARBOLANDINO, Pomata. 205 p.

Alcorn, J.B. 1989. Process as Resource: The traditional agricultural ideology of Bora and Huastec resource management and its implications for research. Advances in Economic Botany 7: 63-77.

Aleman, F. & Frontanilla. 1987. Recolección preliminar de especies en los campos nativos de pastoreo de la provincial Tapacari. pp. 117-123 En: Memorias I Reunión Nacional de Praderas Nativas en Bolivia, CORDEOR, CEE, PAC, Oruro.

Anderson, A. 1990. Tolerant forest management. Alternatives to deforestation. Columbia University Press, Nueva York.

Anderson, A. & D.A. Posey. 1989. Management of a tropical scrub savanna by the Gorotire Kayapo of Brazil. Advances in Economic Botany 7: 159-173.

Araucaria. 2004. Desarrollo en Apolobamba. Cultura Kallawaya. La Paz. 282 p.

Arrázola, R.S. 1999. Diversidad etnobotánica y potencial etnofarmacológico de los valles secos de Cochabamba, Bolivia. Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. 94 p.

Beck, S., N. Paniagua & C. Paz. 1999. Potencialidad de los recursos fitogenéticos nativos de Bolivia. pp. 1-3 En: Ugarte M, C. Villaroel & G. Aguirre (eds.) Memorias de la Segunda Reunión Boliviana sobre Recursos Fitogenéticos de Cultivos Nativos, Fundación PROINPA, Cochabamba.

Beck, S., N. Paniagua & M. Yevara. 2001. La vegetación y uso de la tierra del altiplano y los valles en el oeste del departamento de Tarija, Bolivia. pp. 47-94 En: Beck S., N. Paniagua & D. Preston (eds.) Historia, Ambiente y Sociedad en Tarija, Bolivia. Instituto de Ecología-Universidad Mayor de San Andrés, School of Geography-University of Leeds, La Paz.

Belcher, B., M. Ruíz-Pérez & R. Achdiawan. 2005. Global patterns and trends in the use and management of commercial NTFPs: Implications for livelihoods and conservation. World Development 33 (9): 1435-1452.

Berkes, F., C. Folke & M. Gadgil. 1993. Traditional ecological knowledge, biodiversity resilience and sustainability. Beijer Discussion Paper Series (31): 1-28.

Boom, B. 1987. Ethnobotany of the Chacobo Indians, Beni, Bolivia. Advances in Economic Botany 4: 1-68.

Byg, A. & H. Balslev. 2004. Factors affecting local knowledge of palms in Nangaritza Valley in South–Eastern Ecuador. Journal of Etnhnobiology 24(2): 255-278.

Calvo, L. M. 2003. Diversidad cultural y principales actores en el aprovechamiento de la biodiversidad. pp 162-190 En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.

Canales, A. & R. Taquila. 2003. Sistematización del conocimiento tradicional sobre bioindicadores del clima para campañas agrícolas en el Altiplano. CEDESOS, Puno. Disponible en: www.cedesos.org Acceso en: 22 nov 2005

Cárdenas, M. 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Editorial Los Amigos del Libro, Cochabamba. 421 p.

Coomes, O.T. 1995. A century of rain forest use in Western Amazonia –lessons for extraction–based conservation of tropical resources. Forest y Conservation History 39: 108-120.

Coomes, O.T. & B.L. Barham. 1997. Rain forest extraction and conservation in Amazonia. The Geographical Journal 163: 180-188.

Cunningham, A.B. 2001. Applied ethnobotany: people, wild plant use and conservation. Earthscan, Londres.

De Lucca, M. & J. Zalles. 1992. Flora medicinal boliviana, diccionario enciclopédico. SEAPAS. Editorial Los Amigos del Libro, La Paz. 498 p.

De Mesa, J., T. Gisbert, H. Vázquez & C. Mesa. 1988. Manual de historia de Bolivia. Editorial Gisbert, La Paz. 604 p.

Díez-Astete, A. & J. Riester. 1996. Etnias y territorios indígenas. pp. 19-150 En: Mihotek, K. (ed.). Comunidades, Territorios Indígenas y Biodiversidad en Bolivia. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Centro de Investigación y Manejo de Recursos Naturales Renovables, Santa Cruz.

Díez-Astete, A. & D. Murillo. 1998. Pueblos indígenas de tierras bajas, características principales. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Viceministerio de Asuntos Indígenas y Pueblos Originarios, Programa Indígena-PNUD, La Paz. 320 p.

Flores, J., P.J. Vidaurre, C. Alanoca, W. Rojas, J. Soto & M. Pinto. 2005. Validación de estudios de caso del cultivo de quinua en las comunidades

de Patarani (provincia Ingavi) y Coromata Media (provincia Omasuyos). Pp. 120-143 En: Rojas, W. (ed.). Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Fundación PROINPA, La Paz. No publicado.

Gandarillas, H. 1979. Genética y origen de la quinua. pp 45-64 En: Tapia, M.E. (ed.). Quinua y Kanihua, Cultivos Andinos. IICA, Bogotá.

García, E. 1992. El pastoreo y los recursos forrajeros en Bolivia. Pp. 225-264 En: Marconi M. (ed.) Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. CDC-Bolivia / USAID-Bolivia, La Paz.

García, E. 2001. Yareta: ¿Un recurso natural renovable? Programa Nacional de Biomasa / ESMAP-Banco Mundial-Embajada Real de los Países Bajos-Universidad de la Cordillera, La Paz. 83 p.

Giménez, A. 1996. Diagnóstico sobre la información de plantas medicinales y de los pueblos que las manejan. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, La Paz. 60 p.

Girault, L. 1987. Kallawaya, curanderos itinerantes de Los Andes. UNICEF-OPS-OMS, La Paz. 670 p.

Gonzáles, J. & I. Hinojosa. 1999. Flora y vegetación. Pp. 115-148 En Ergueta P. (ed.) Recursos Naturales y Patrimonio Cultural del Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. Diagnóstico Participativo. Tropico, La Paz.

Hatch, J. 1983. Nuestros conocimientos. Prácticas agropecuarias tradicionales en Bolivia. Ministerio de Agricultura y Asuntos Campesinos (MACA), Agencia Internacional de Desarrollo (AID), Rural Development Services (RDS) & Familias Campesinas Volumen I: Región Altiplano, La Paz. 383 p.

Hecht, S. 1992. Logics of livestock and deforestation: the case of Amazonia. Pp. 7-25 En: Downing, T., S. Hecht, H. Pearson & C. García Downing (eds.) Development or Destruction, The Conversion of Tropical Forest to Pasture in Latin America. Westview Press, Boulder.

Hinojosa, I. 2002. Queñua, yareta y thola: Especies vegetales combustibles en Potosí, Bolivia. TROPICO-Asociación Boliviana para la conservación, SISTEMATICA SRL, La Paz. 66 p.

Ibisch, P.L., S.G. Beck, B. Gerkmann & A. Carretero. 2003. Ecoregiones y ecosistemas. Pp. 47-88 En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.

Lawrence, A., O.L. Phillips, A. Reategui, M. López, S. Rose, D. Wood & J. Farfan. 2005. Local values for harvested forest plants in Madre de Dios, Peru: towards a more contextualised interpretation of quantitative ethnobotanical data. Biodiversity and Conservation 14: 45-79.

Loza-Balsa, G. 1995. Enciclopedia de la medicina Aymara. Volumen I. OPS, OMS. La Paz. 429 p.

Killeen, T., E. García & S.G. Beck. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia - Missouri Botanical Garden, Edit. Quipus, La Paz. 958 p.

Macía, M. J., E. García & P. J. Vidaurre. 2005. An ethnobotanical survey of medicinal plants comercializad in the markets of La Paz and El Alto, Bolivia. Journal of Ethnopharmacology 97: 337-350.

McKean, S. & D. Robinson. 1996. Catálogo bibliográfico sobre el uso y manejo de la biodiversidad en Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio ambiente, Sub Secretaria de Recursos Naturales, Dirección Nacional de Conservación de la Diversidad. La Paz. 353 p.

Montaño, H. & J. Mosquera. 1987. Diagnóstico preliminar de una canapa y su influencia en la crianza ovina en la zona alta de Cochabamba, provincia Tiraque. Pp. 97-101 En: Memorias I Reunión Nacional de Praderas Nativas en Bolivia, CORDEOR, CEE, PAC, Oruro.

Montes de Oca, I. 1997. Geografía y recursos naturales de Bolivia. EDOBOL, La Paz. 614 p.

Moraes R., M., J. P. Arce & J. Mariaca. 1996. Informe nacional de recursos fitogenéticos. Preparado para la IV Conferencia Internacional y Programa de Recursos Fitogenéticos, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente-Ministerio de Desarrollo Económico, La Paz. 48 p.

Morales, C. 1994. Huaraco, comunidad de la puna. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 261 p.

Nagashiro, N. 1992. Los recursos forestales y sus características de uso. Pp 265-291 En: Marconi M. (ed.) Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. CDC-Bolivia/USAID-Bolivia, La Paz.

Oblitas, E.P. 1992. Plantas medicinales de Bolivia. Farmacopea Callawaya. Ed. Los Amigos del Libro, La Paz. 529 p.

Pestalozzi, H. & M. Torrez. 1998. Flora ilustrada altoandina. La relación entre hombre, planta y medio ambiente en el ayllu Majasaya Mujlli (Prov. Tapacarí, Depto. Cochabamba, Bolivia). Herbario Nacional de Bolivia, Herbario Forestal Nacional Martín Cárdenas, Universitat Bern, Suiza, Cochabamba. 244 p.

Peters, C.M., A. H. Gentry & R.O. Mendelsohn. 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. Nature 339: 655–656.

Phillips, O., A. H. Gentry, P. Wilkin & B. Gáldez-Durand. 1994. Quantitative ethnobotany and Amazonian conservation. Conservation Biology 8(1): 225-248.

Pichón, F.J. 1997. Settler households and land-use patterns in the Amazon frontier: Farm-level evidence from Ecuador. World Development 25: 67-91

Plaza, P. & J. Carvajal. 1985. Etnias y lenguas de Bolivia. Instituto Boliviano de Cultura, La Paz. 288 p.

Posey, D.A. 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of the Kayapo indians of the Brazilian Amazon. Agroforestry Systems 3:139-158.

Prance, G.T., W. Balée, B.M. Boom & R.L. Narneiro. 1987. Quantitative ethnobotany and the case for conservation in Amazonia. Conservation Biology 1: 296-310

Rea, J. 1985. Recursos fitogenéticos agrícolas de Bolivia, bases para establecer el sistema. Comité lnternacional de Recursos Fitogenéticos, La Paz, Informe no publicado. La Paz.

Rea, J. 1992. Raíces andinas. Pp. 163-177 En: Hernández, J.E. & J. León (eds.) Cultivos Marginados, otra Perspectiva. 1492. FAO, Roma.

Ríos, B & O. Rocha. 2002. Uso de la fauna y flora silvestre por los Uru Mururatos y otros pobladores locales. Pp 95-129 En: Rocha O. (ed.) Diagnóstico de los Recursos Naturales y Culturales de los Lagos Poopó y Uru Uru, Oruro-Bolivia (para su nominación como sitio Ramsar). Convención RAMSAR, WCS-Bolivia, La Paz.

Ruíz, E. 2005. Estrategias para la promoción de la agrobiodivrsidad. Ferias. INIA, Puno. 9 p.

Sandoval, G., X. Albo, & T. Greaves. 1987. Chukiyawu, la cara Aymara de La Paz, IV. Nuevos lazos con el campo. Cuaderno de investigación CIPCA 29, La Paz. 195 p.

Torrico, G., C. Peca, S.G. Beck & E. García. 1994. Leñosas útiles de Potosí. Proyecto FAO/Holanda/CDF-Desarrollo Forestal Comunal en el Altiplano Boliviano, Potosí. 467 p.

Tresierra, J. 1998. Derechos de uso de los recursos naturales por los grupos indígenas en el bosque tropical. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C. 40 p.

Vandebroek, I., E. Thomas & AMETRAC. 2003. Plantas medicinales para la atención primaria de la salud. El conocimiento de ocho médicos tradicionales de Apillapampa (Bolivia). Industrias Gráficas Serrano, Cochabamba. 318 p.

Vidaurre, P.J. 2000. Plantas utilizadas como medicina, vendidas en la Ceja de la ciudad de El Alto (La Paz, Bolivia). Pasantía de Investigación. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. No publicado. 35 p.

Vidaurre, P.J. & S.G. Beck. 2003. Contexto ecológico de Bolivia y la materia prima utilizada en la artesanía. Fundación Quipus, Herbario Nacional de Bolivia. La Paz. 41 p.

Villanueva, A. 1997. Tipos de relación bosque-comunidad y normas tradicionales de acceso al bosque en la zona de Tariquía. Los casos de las comunidades Chiquiacá y Motoví. PROBONA, La Paz. 124 p.

Zalles, J. & M. De Lucca. 1991. El verde de la salud. Descripción y uso de 100 plantas medicinales del sur de Cochabamba y Norte de Potosí. Manual de Medicina tradicional autóctona para uso de los agentes de atención primaria de salud. GTZ, SIENS, UNICEF, MPSSP, Punata, Cochabamba. 222 p.

Zeballos, M., E. García, & S.G. Beck. 2003. Contribución al conocimiento de la flora del Departamento de Oruro. Herbario Nacional de Bolivia, La Paz. 84 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 239-245.

Etnobotánica en los Andes del Perú

María de los Ángeles La Torre-Cuadros[1] & Joaquina A. Albán Castillo[2]

[1]Herbario Forestal MOL. Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Apto. Postal 456, Lima 1, Perú
Email: angeleslatorre@lamolina.edu.pe
[2]Departamento de Etnobotánica y Botánica Económica, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Apartado 140434, Lima 14, Perú
Email: jalbanc@unmsm.edu.pe

Abstract

Much original and recent work in the field of ethnobotany and economic botany focused on the Peruvian Andes has attempted at counteracting local population health problems and preserving traditional ethnobotanical knowledge. Research has been mainly based upon the measurement of qualitative variables and the identification of plant taxa endowed with pharmacological value. By administrative departments across the region, Cuzco (40), Ayacucho (12) and Arequipa (11) to the South, Ancash (26) and Lima (11) in the central Andes, and Lambayeque (19), Cajamarca (16) and La Libertad (13) to the North, have led the number of reports on the topic (in brackets). Ethnobotanical research can chiefly contribute to the sustainable management of natural resources and act as an indicator of welfare for the peasant communities of the Peruvian Andes.
Key Words: Ethnobotany, Highlands, Traditional knowledge, Andes, Perú.

Resumen

En el Perú muchos de los trabajos originales y actuales sobre etnobotánica y botánica económica en los Andes parecen estar mediados por la necesidad de encontrar alternativas a los problemas de salud local y a no perder el conocimiento tradicional de las plantas. Se observa una alta representación de estudios cualitativos cuyos resultados han permitido la identificación de plantas para uso farmacológico. Los departamentos en que se han llevado a cabo mayor número de investigaciones (en paréntesis) para la región son, Cuzco (40), Ayacucho (12) y Arequipa (11) para la zona sur, Ancash (26) y Lima (11) para la zona centro, y Lambayeque (19), Cajamarca (16) y La Libertad (13) para la zona norte. Finalmente, la investigación etnobotánica puede contribuir considerablemente a apoyar un manejo sostenido de los recursos naturales y ser un indicador de la calidad de vida en las comunidades campesinas de los Andes.
Palabras Clave: Etnobotánica, Sierra, Conocimiento tradicional, Andes, Perú.

Introducción

En el Perú hablar de etnobotánica en los Andes significa referirse a la diversidad biológica y cultural de la región natural de la Sierra, y por lo tanto comprende un amplio conjunto de conocimientos locales y recursos útiles que pueden ser sujetos de estudio. La región andina posee una extensión de 391.980 km, equivalente al 30% del territorio nacional y 36.9% de la población del país (INEI 2005). Se extiende a lo largo de casi todo el gradiente latitudinal del Perú y esta delimitada por la divisoria de aguas y por el cambio marcado y abrupto desde las condiciones climáticas típicas de la costa (Pulgar Vidal 1975). La cota de altitud inferior se define en los 1.000 m y la superior cerca de los 7.000 m con un promedio de alrededor de 4.500 m (Weberbauer 1945, Koepcke 1954, Valencia 1992). Comprende sectores por encima de los 1.000 m en el Norte del país de los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca y el sur del departamento de Amazonas; en el Centro del país los departamentos de Ancash y Lima y parcialmente Cerro de Pasco, Junín y Huánuco; y en el Sur del país los departamentos de Ica (zona este), Huancavelica,

Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Moquegua, Tacna (zona norte y nor este), Cuzco y Puno.

Un rasgo cultural propio es que su población habla Quechua y Aymara con una notable inclusión de vocablos castellanos. En la mayoría de los casos los pobladores son bilingües y es a partir de la década de 1960 que el monolingüismo queda restringido exclusivamente a las mujeres ancianas (Ravines & Ávalos 1988, Chávez 2003). Asimismo, los campesinos poseen una concepción animista de la naturaleza o más bien panteísta, como menciona Grillo (1991), donde no existe la noción de seres inertes o sin vida. Es decir, todo es importante: la comunidad humana, la naturaleza y las deidades.

A nivel florístico, Brako & Zarucchi (1996) señalan que para la región central andina, entre los 500 m y por arriba de los 3.500 m de altitud, existen aproximadamente 426 géneros de plantas vasculares y algo más de 8.000 especies, entre las que se registran significativos endemismos. Brack (1999) reporta la presencia de 222 plantas cultivadas, así como 5.000 especies vegetales silvestres utilizadas para diferentes fines (medicinales, fibras, colorantes, gomas y otros).

Adicionalmente, la sierra es particularmente importante porque incluye la principal fuente de agua para una gran parte de la población peruana, vastos recursos mineros e hidroeléctricos y la mayor superficie de pastos naturales del país, que sustentan aproximadamente el 90% de la campaña ganadera (ONERN 1985).

El presente trabajo proporciona un análisis de las publicaciones y eventos científicos en la temática de etnobotánica, tomando como punto de partida la información histórica disponible a cerca de la etnobotánica en Perú. Como tal, se presenta una actualización a partir de datos contemporáneos y se trazan perspectivas de futuro en la exploración etnobotánica de la región de la sierra, con repercusión evidente en la conservación de los ecosistemas de los Andes.

Sinopsis histórica de la etnobotánica en Perú

En el Perú los estudios etnobotánicos se iniciaron el 8 de abril de 1778 cuando Hipólito Ruiz, José Pavón, Joseph Dombey (médico naturista francés) y los dibujantes José Brunete e Isidro Gálvez fondearon en el puerto del Callao en busca del "oro amargo" *Cinchona* spp. (Gonzáles 1988) y del paraíso perdido o la tierra promisoria, rica en especies medicinales. Los naturales del Perú, extrañados ante la actividad que realizaban estos europeos ("*...cuidadosamente acicalados, recorriendo a pie los campos con las carpetas debajo del brazo para guardar en ellas las plantas que se les presentaban...*" en González 1988), los llamaron "brujos yerbateros". Los resultados de estas expediciones fueron muy reveladores, pues se llegaron a descubrir nuevas especies para la ciencia, publicándose en tres tomos de la *Flora Peruviana et Chilensis* editados entre 1798 y 1802 (Ferreyra 1979). El aporte de esas colecciones botánicas permite considerar a Ruiz y Pavón como los verdaderos fundadores de la Botánica Peruana (Ferreyra 1979).

En 1802, llegaron al Perú Alexander Von Humboldt y el botánico francés Aimé Bonpland, quienes también sumaron colecciones importantes de algunas especies medicinales, entre ellas la "quina o cascarilla" de Sandia, Marañon y Jaén. Poco después, en 1850, Antonio Raymondi inició una gran colección de los recursos naturales del país y entre ellas también numerosas plantas de uso medicinal. En 1921 el botánico Fortunato Herrera, Catedrático de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco, al describir la flora del Cuzco, incorporó los distintos nombres vernaculares y usos atribuidos a estas especies por los pobladores de la región. Valdizán & Maldonado (1922) aportaron un enfoque contemporáneo al conocimiento de la medicina indígena en el Perú e inculcaron, en la conciencia sanitaria de la población indígena, las prácticas

medicinales tradicionales realizadas por los curanderos o Kallahuayas. A mediados de siglo, el médico Lastres (1951) publica la *Historia de la Medicina Peruana* en tres volúmenes. El primer volumen se dedicó al hombre de las medicinas o Kallahuayas y también a la etnobotánica de estupefacientes anestésicos y tóxicos, rica en acepciones científicas y vernaculares. La obra de Lastres posee un considerable valor científico por haber sido escrita con el profundo dominio de las tradiciones incaicas y en particular de la zona norte del Perú y todavía hoy su trabajo sirve de indicador de vacíos de información etnomedicinal.

En los albores del siglo XX, el reverendo padre Jaroslav Soukup llevó a cabo numerosas colecciones botánicas, recogiendo los nombres vernaculares de las especies de importancia económica y medicinal (Soukup 1995). Asimismo, la obra de Chávez (1977) contribuye de manera notable al conocimiento de la etnomedicina peruana por la minuciosidad con que presenta la información a partir de numerosas fuentes históricas nunca antes consideradas. Valiosos aportes lo constituyen también los trabajos de López y Kiyan de Cornelio I (1973, 1974 a, b), Cerrate de Ferreyra (1979), Duke & Vásquez (1994), Alban (1984, 1994, 1998) y Brack (1999), entre otros.

El uso cultural de las plantas como disciplina científica nació en el Perú a partir de los trabajos de Harshberger (1896), quien acuñó por primera vez el término etnobotánica. Este botánico fue el primero en desarrollar un trabajo etnobotánico en el Perú (Harshberger 1898), complementado por Herrera (1923) y Yacovleff & Herrera (1934). Otro trabajo fue el de Towle (1961), donde se exponen las especies registradas en restos de las culturas prehispánicas peruanas y que atrajeron el interés de los profesionales de las ciencias tanto sociales (arqueología, etnología) como naturales (biólogos, etnobotánicos). La obra de Towle explora el uso y cultivo de plantas por los antiguos peruanos a nivel nacional dentro de su contexto cultural y cronológico.

La etnobotánica emerge en el campo académico universitario en 1945 con la Dra. Juana Infantes en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), donde instauró una cátedra de etnobotánica inusual a través de cortos capítulos como parte del curso de botánica general. Posteriormente, en 1950, la Dra. Emma Cerrate de Ferreyra inició el curso de etnobotánica como especialización para alumnos en la orientación botánica. A partir de esa fecha, el curso fue incluido dentro del sistema curricular de diversas universidades del país (Lima, Cuzco, Iquitos, Huancayo, Arequipa). Actualmente, contamos con los estudios de post-grado en la UNMSM y podemos considerar que a partir de los 90 la etnobotánica comienza a desarrollar su escuela, mostrando su evolución tanto en los aspectos metodológicos como filosóficos.

Estado de la investigación etnobotánica en los Andes del Perú

Los congresos nacionales de botánica tienen como objetivo fundamental que los especialistas botánicos intercambien los avances de sus investigaciones en este campo cada dos o tres años. El I Congreso Nacional de Botánica se celebró en Lima en 1976 y en 1995 formó parte por primera vez del VI Congreso Nacional de Botánica organizado en Cuzco el I Simposio Nacional de Etnobotánica y Botánica Económica que se integraría desde entonces a los congresos nacionales.

Un total de 155 ponencias sobre etnobotánica y botánica económica para el sector de los Andes han sido contabilizadas en todos los resúmenes impresos de congresos nacionales de botánica, con excepción de 1976 (no fue impreso) y dos eventos sin datos (s/f y 1988). Las publicaciones revisadas incluyen los eventos de SPB (1982), UNPRG (1992), UNSAC (1995), UNC (1998), UNSA (2000), UNAP (2002) y UNT (2004).

Aunque existen otros foros para la presentación de trabajos botánicos como los congresos nacionales de biología, las reuniones

científicas anuales del Instituto de Investigaciones Antonio Raimondi (ICBAR) de la Facultad de Ciencias Biológicas (UNMSM 1991-2005) y los eventos de la Escuela de Postgrado de la UNMSM (que a la fecha constituye la única institución que otorga grado de MSc. con una mención en Etnobotánica y Botánica Económica), son los congresos de botánica los que concentran investigaciones de estas disciplinas. En ese sentido, destacan el V Congreso Nacional de Botánica, realizado en la ciudad de Chiclayo (Lambayeque) que acogió 23 ponencias de 20 autores, el VI Congreso Nacional de Botánica (1995), donde el número de trabajos se elevó a 50 ponencias con 50 autores, mientras que en Cajamarca 1998 y en Arequipa 2000 se registraron 51 y 58, respectivamente. Estas cifras definen un importante núcleo de investigadores que han incorporado la temática de la etnobotánica dentro de sus proyectos. También es importante resaltar que la mayoría de los trabajos presentados en los congresos nacionales se han derivado de tesis y proyectos de investigación que se elaboraron en universidades públicas y privadas, así como centros de investigación, dotados de laboratorios de botánica, recursos vegetales y plantas medicinales, anatomía y farmacognosia, química de productos naturales, farmacia e inmunología.

La mayoría de los trabajos etnobotánicos se centran en los pisos de vegetación entre 1.500 y 2.500 m, siendo los estudios en el Callejón de Huaylas (Ancash) los que abarcan mayor rango de altitud (3.000-5.000 m). Por orden de número de publicaciones, los departamentos peruanos más incidentes en la etnobotánica son Cuzco (40), Ayacucho (12) y Arequipa (11) para la zona sur, Ancash (26) y Lima (11) para la zona centro y Lambayeque (19), Cajamarca (16) y La Libertad (13) para la zona norte. Tal secuencia coincide con la existencia de equipos de investigación sólidos en botánica dentro de universidades locales. Asimismo, la orientación de los trabajos comprendió 15 campos específicos y uno general, abarcando medicina, alimentación, forraje, artesanía, ornamentación y construcción. En base al número de publicaciones por campos temáticos en cada departamento, hay una coincidencia temática en la mitad de los trabajos para la zona norte (Piura, Cajamarca, Lambayeque y La Libertad), sobre todo estudios medicinales y alimenticios, y para la zona sur (Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cuzco, Ica, Moquegua, Puno y Tacna) en categorías medicinales y aromáticas. En la zona centro (Ancash, Cerro de Pasco, Junín y Lima) la similitud de temas se da en casi tres cuartas partes de los trabajos, con predominio de estudios medicinales, alimenticios, forrajes y ornamental. De estos valores, se desprende que los trabajos etnobotánicos en los Andes son mayoritariamente etnomedicinales.

Por último, debe mencionarse que las metodologías de estudio utilizaron principalmente la medición de variables cualitativas etnográficas o narrativas (categorías sin orden o presencia-ausencia) y en menor medida de variables semicuantitativas (rangos). En este último caso, la mayoría de investigaciones totalizan usos, no poseen un diseño de muestreo específico, son poco replicables y sus resultados se muestran en general con estadística descriptiva. Por otro lado, las medidas cuantitativas, propias de un diseño de muestreo más robusto (replicable y con mayor poder estadístico) fueron escasas por departamento. Los listados de plantas útiles y el conocimiento de uso de cada planta proporcionado por el método cualitativo permiten la selección directa de especies experimentales (pruebas biológicas, fitoquímicas u otras).

Fuentes existentes sobre etnobotánica en los Andes del Perú

Muchos de los trabajos acumulados sobre etnobotánica y botánica económica se refieren a los Andes de manera genérica. La literatura aporta un total de 213 publicaciones que abarcan libros, citas bibliográficas, conferencias y resúmenes en congresos diferentes a los congresos nacionales de botánica y la reunión

científica del ICBAR. En estos últimos hay un total de 228 citas, siendo las zonas con mayor información etnobotánica por departamento: Cuzco, Puno y Arequipa, allí han predominado los métodos cualitativos narrativo y etnográfico.

Comentarios finales

Como resultado de esta breve descripción del estado del conocimiento etnobotánico en los Andes peruanos, podemos afirmar que el desarrollo teórico-metodológico de la disciplina es lento pero creciente. Se observa una alta incidencia de los estudios con variables cualitativas, normalmente propio de inventarios etnoflorísticos, cuyos resultados permiten la identificación de plantas por su uso farmacológico. Por su parte, la información disponible para un total de 19 departamentos con Sierra en varios casos es nula (Amazonas, Apurímac y Tacna) o escasa (Ancash, Cerro de Pasco, Huánuco, Ica, Huancavelica y Moquegua) y sería interesante la futura realización de estudios en sus andes.

Finalmente, los tipos de usos encontrados en las plantas de la región andina parecen estar mediados por la necesidad de encontrar alternativas a los problemas de salud local y a no perder el conocimiento sobre las plantas constituyendo un indicador de la calidad de vida de las comunidades campesinas. La mayor parte del conocimiento etnobotánico está en manos de sociedades tradicionales, cuya propia existencia se ve actualmente amenazada (La Torre-Cuadros 1998). Por lo tanto, las iniciativas académicas destinadas a mejorar el nivel de conocimiento etnobotánico en los Andes de Perú necesitarán de la inversión estatal y privada. Su localización geográfica debería basarse en el desarrollo económico y social de las comunidades campesinas, en particular allí donde se haya instaurado un manejo sostenido de los recursos vegetales y donde se siga utilizando el rico conocimiento tradicional de sus pueblos.

Agradecimientos

El primer autor agradece de manera especial al MPh. Salvador Herrándo-Perez y a los editores por sus valiosos comentarios y sugerencias en la redacción del manuscrito.

Referencias

Alban, J. A. 1984. Las Plantas Medicinales Usadas En Los Trastornos Digestivos Y Glándulas Anexas. Tesis Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. Lima. 180 p.

Alban, J. A. 1994. La mujer y las plantas útiles silvestres en la comunidad Cocama-Cocamilla de los ríos Samiria y Marañon. Informe. Proyecto WWW 7560, Loreto. 185 p.

Alban, J. A. 1998. Etnobotánica y conservación en la comunidad andina de Pamparomas, Huaylas, Ancash. Perú. Tesis MSc, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 220 p.

Brack, A. 1999. Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú. Programa del as Naciones Unidas Para el Desarrollo, Centro Bartolomé del as Casas, Cuzco. 550 p.

Brako, L. & J. L. Zarucchi 1996. Cátalogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri. 1286 p.

Cerrate de Ferreyra, E. 1979. Plantas que curan las heridas del hombre y los animales. Boletín de Lima. 1(3):12-17.

Chávez, R. A. 2003. Formación de profesores de castellano y su enseñanza en las zonas bilingües(Apreciaciones sociolingüísticas y propuestas metodológicas). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima. 395 p.

Chávez, N. 1977. La materia médica en el incanato. Editorial Mejia Baca, Lima. 426 p.

Duke J. & R. Vásquez. 1994. Amazonian ethnobotanical dictionary. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 215 p.

Ferreyra, R. 1979. Sinopsis de la flora peruana. Boletín de Lima 1(1): 59-68.

Grillo, E. 1991. La religiosidad en las culturas andina y occidental moderna. Cultura Andina Agrocéntrica, Practec, Lima. 320 p.

Gonzáles, A. (ed.) 1988. La expedición botánica al Virreinato del Perú (1777-1788). Lunwerg Editores, Barcelona. 28 p.

Harshberger, J. W. 1896. The purpose of ethnobotany. Botanical Gazette 21: 146-154.

Harshberger, J. W. 1898. Uses of plants among the ancient Peruvians. Bulletin of the Museum of Science and Art. 1: 1-4.

Herrera, F. 1923. Fitolatria indígena. Plantas y flores simbólicos de los Inkas. Inca, 1: 440-446.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2005. Resultados de los censos nacionales 2005. http://www.inei.gob.pe/cpv2005/.

Koepcke, M. 1954. Corte ecológico transversal en los Andes del Perú Central con especial consideración de las aves. Parte I: Costa, vertientes occidentales y región altoandina. Memorias del Museo Natural de Javier Prado 3: 1-119.

Lastres, J. B. 1951. Medicina Incaica. Historia de la medicina peruana 1: 1- 80.

La Torre-Cuadros, M. A. 1998. Etnobotánica de los recursos vegetales silvestres del caserío de Yanacancha, Distrito de Chumuch, Provincia de Celendín, Departamento de Cajamarca. Tesis para optar el título de Bióloga, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 50 p.

López G. & I. Kiyan de Cornelio. 1973. Plantas medicinales del Perú II. BIOTA 9(75): 347-376.

López G. & I. Kiyan de Cornelio. 1974a. Plantas medicinales del Perú VI. BIOTA 10(79): 128-158.

López G. & I. Kiyan de Cornelio. 1974b. Plantas medicinales del Perú VII. BIOTA 10(80): 175-202.

ONERN (Organización Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). 1985. Los recursos naturales del Perú, Lima. 326 p.

Pulgar Vidal, J. 1975. Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales del Perú. Editorial Universo. S.A., Lima. 256 p.

Ravines, R. & R. Ávalos de Matos. 1988. Atlas etnolingüístico del Perú. Instituto Andino de Artes Populares, Lima. 100 p.

SPB (Sociedad Peruana de Botánica). 1982. Resúmenes del III Congreso Latinoamericano de Botánica y II Nacional, Lima. 83 p.

Soukup, J. 1995. Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y catálogo de géneros. Ediciones Salesiano, Lima. 436 p.

Towle, M. 1961. The ethnobotany of pre-Columbian Peru. Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research, INC, Nueva York. 180 p.

UNAP (Universidad Nacional de la Amazonia Peruana). 2002. IX Congreso Nacional de Botánica. p. 163–210. En: Resúmenes, Sección Etnobotánica y Botánica Económica, Iquitos.

UNC (Universidad Nacional de Cajamarca). 1998. VII Congreso Nacional de Botánica. p. 49-85. En: Resúmenes, I Simposio sobre la Enseñanza en la Ciencia Botánica y II Simposio de Etnobotánica y Botánica Económica. Sección Etnobotánica, Cajamarca.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1991. I Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 84 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1992. II Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 99 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1993. III Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 125 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1994. IV Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 127 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1996. V Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 137 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1997. VI Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 128 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1998. VII Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 125 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 1999. VIII Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 147 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 2000. IX Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 148 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 2001. X Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 140 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 2002. XI Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 146 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 2003. XII Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 211 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 2004. XIII Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 156 p.

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). 2005. XIV Resúmenes, Reunión Anual del Instituto de investigaciones de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR), Lima. 160 p.

UNPRG (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). 1992. V Congreso Nacional de Botánica. I Simposio de Flora Peruana, p. 125-150. En: Resúmenes, Sección Etnobotánica y Sección Medicina Natural y Fotoquímica, Chiclayo.

UNSAC (Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco). 1995. VI Congreso Nacional de Botánica. p. 196–260. En: Resúmenes, I Simposio Internacional de la Flora Peruana y I Simposio de Etnobotánica, Sección Botánica Económica y Sección Etnobotánica, Cuzco.

UNSA (Universidad Nacional de San Agustín). 2000. VIII Congreso Nacional de Botánica, p. 78–110. En: Resúmenes, I Simposio de Impacto Ambiental, II Simposio de la Enseñanza de la Botánica y III Simposio de Etnobotánica y Botánica Económica, Sección Etnobotánica y Botánica Económica, Arequipa.

UNT (Universidad Nacional de Trujillo). 2004. X Congreso Nacional de Botánica. p. 77-100, 260-273. En: Resúmenes, V Simposio Nacional de Etnobotánica y Botánica Económica, I Reunión de la Asociación Peruana de Herbarios y Taller sobre bosques relictos de las vertientes occidentales andinas del norte del Perú y el sur de Ecuador, Sección Etnobotánica y Botánica Económica, Trujillo.

Valencia, N. 1992. Los bosques nublados secos de la vertiente occidental de los Andes del Perú. En: Young K. R. Y N. Valencia (Eds). Biogeografía, Ecología y Conservación del Bosque Montano en el Perú. Memorias del Museo de Historia Natural 21:155-170.

Valdizán, H. & A. Maldonado. 1922. La medicina popular peruana. 3 volúmenes, Imprenta Torres Aguirre, Lima. 529 p.

Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Estudio Fitogeográfico. Lima Estación Experimental Agrícola de la Molina. Dirección de Agricultura. Ministerio de Agricultura, Lima. 776 p.

Yacovleff, E. & F. Herrera. 1934-35. El mundo vegetal de los antiguos peruanos. Botánica Etnológica. Revista del Museo Nacional (Lima) 3(3): 241-322.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 246-267.

Etnobotánica en los Andes del Ecuador

L. de la Torre[1,2], P. Muriel[1,3] & H. Balslev[2,4*]

[1]Herbario QCA, Departamento de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador,
Apartado 17–01–2184, Quito, Ecuador
email: lucerato@yahoo.com
[2]Departamento de Botánica Sistemática, Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Aarhus,
Edificio 540, Ny Munkegade, DK–8000 Aarhus C, Dinamarca
[3]epmuriel@yahoo.com
henrik.balslev@biology.au.dk [4*]Autor de correspondencia

Abstract

The knowledge concerning plant uses among Andean cultures is large. This paper reviews ethnobotanical research in the Ecuadorian Andes above 1,000 m altitude, contributing to the pool of knowledge, which is necessary for sustainable management and conservation in the region. We have attempted to put this ethnobotanical information into a historic context and to relate the historic situation to the use types attributed to the plants and the human groups involved. We describe the efforts of 22 explorers that registered plant uses during colonial times (1534–1822) and the first years of the Republic. In addition, we review 95 later ethnobotanical studies. Of these 32 deal with different uses of Andean plant species. Medicinal uses have inspired most studies (25), 16 publications referred to edible plants and five to timber extraction. We also found 17 publications dealing with the ethnobotany of ethnic groups , 13 of them describing plant uses among the people of the high Andes, and four treating the people living on the east Andean slopes. The category of medicinal plants has the highest number of species recorded in almost all the studies reviewed, whereas other important categories are edible plants and timber. Some groups used as many as 261 different species. The results of most of these studies consisted in species and uses lists. The establishment of a database, which can help the systematization and compatibilization of the information obtained from different sources and focuses will be an excellent tool for analysing and distributing of this information.
Keywords: Ethnobotany, Andes, Ecuador, Uses, Ethnic groups.

Resumen

El bagaje de conocimiento sobre el uso de las plantas de las culturas andinas es enorme. Se buscó conocer cuáles son las investigaciones etnobotánicas realizadas en los Andes ecuatorianos sobre los 1.000 m de elevación para contribuir a implementar la base de información necesaria para el manejo sostenible y conservación en la región. Se contextualizó la información etnobotánica andina existente de acuerdo al momento histórico en que fue obtenida, los tipos de uso atribuidos a las plantas y los grupos humanos involucrados. Se hizo referencia a la labor de 22 exploradores que registraron el uso de las plantas andinas en la época colonial (1534–1822) e inicios de la época republicana del Ecuador. Adicionalmente, se recopiló un total de 95 estudios etnobotánicos publicados hasta la actualidad, de éstos, 32 corresponden a usos varios de especies vegetales andinas. El uso medicinal ha sido el que más estudios ha inspirado (25), 16 publicaciones se refirieron al uso comestible y cinco al maderable. Complementariamente, se recopilaron 17 investigaciones sobre la etnobotánica de etnias, 13 de ellas relativas a los mestizos y Quechuas de la sierra y cuatro relativas a mestizos, Quechuas y Shuar de las estribaciones orientales de los Andes. La categoría de plantas medicinales comprende el mayor número de especies para casi todos los estudios reportados, mientras otras categorías importantes fueron la alimenticia y maderable. Algunos grupos usaron hasta 261 diferentes especies. Los resultados de la mayoría de estudios consisten en la presentación de listas de especies y sus usos. El establecimiento de una base de datos, que sistematice y compatibilice información obtenida de distintos enfoques será una excelente herramienta para analizar y difundir esta información.
Palabras clave: Etnobotánica, Andes, Ecuador, Usos, Etnias.

Introducción

Las plantas han jugado un papel fundamental en el desarrollo de las culturas andinas. Desde que el hombre llegó a esta región hace aproximadamente 10.000 años (Almeida 2000) ha utilizado los recursos vegetales como fuente de alimento, medicinas, combustible, materiales de construcción y herramientas de todo tipo; las plantas han ocupado incluso un lugar importante en su sistema de creencias y ritos. Estos recursos se obtuvieron en un inicio solamente de recolección de plantas silvestres, mas con el tiempo se desarrolló una avanzada agricultura que utilizó tecnologías, como las terrazas y camellones y que permitió la sedentarización y evolución cultural en la región (Almeida 2000).

La Cordillera de los Andes divide al Ecuador en tres regiones naturales, la región occidental o costa, la región central andina o sierra y la región oriental o amazónica (Sauer 1965, Acosta-Solís 1968a, Iriondo 1994). Según Valencia *et al.* (1999), la sierra norte del Ecuador incluye las áreas ubicadas sobre los 1.300 m de elevación, este límite disminuye hacia el sur hasta aproximadamente los 1.000 m de altitud. La región andina ecuatoriana localizada sobre los 1.000 m de altitud cubre aproximadamente un cuarto del país, lo que corresponde a 70.000 km^2. El territorio andino posee una diversidad ecológica alta. La cordillera marcó importantes diferencias de relieve, clima, suelos y vegetación, que han resultado en la presencia de 11 formaciones vegetales (Acosta-Solís 1968a) en que se han identificado 9.865 especies de plantas, es decir el 64% del total de especies de todo el Ecuador (Jørgensen & León-Yánez 1999).

La gente que habita los Andes ecuatorianos es también muy diversa. Esta diversidad cultural es resultado del proceso milenario de interacción con el medio y de la llegada a través de la historia de otros pobladores y culturas de la misma América, como los Incas y de otros continentes, como los africanos y los españoles (de la Torre 1983). La región andina está poblada por gente mestiza, afroamericana (presente en el valle del Chota, provincia de Imbabura) y Quechua de la sierra (Quichua en Ecuador), etnia que está compuesta por 12 pueblos: Otavalos, Natabuelas, Caranquis, Quitus, Cayambis, Panzaleos, Puruhaes, Guarangas, Cañaris, Saraguros, Chibuleos y Salasacas (Tufiño 2000, Josse & Barragán 2001). En las estribaciones de las cordilleras, algunas etnias tienen asentamientos sobre los 1.000 m, como los Awa en los flancos occidentales y los Shuar y Quechua en los orientales, pero su desarrollo se ha centrado en territorios menos elevados (Kvist & Holm-Nielsen 1987, Whitten 1987, Cerón 1988, Parra & Virsano 1994, Bennett *et al.* 2002). El conocimiento acumulado en la longeva relación de estas culturas con el diverso ecosistema andino es inmenso; su descubrimiento y descripción ha sido la meta de muchos exploradores e investigadores de todas las épocas (Acosta Solís 1968b).

El hecho que la región andina sea precisamente la más densamente poblada históricamente y que por lo tanto su vegetación original haya sido modificada durante milenios (Ulloa & Jørgensen 1995), hace que sea la más deforestada (Valencia *et al.* 1999, Cerón 2002a). Menos del 3% de la superficie de la sierra se encuentra en masas boscosas naturales (CESA 1992). Los remanentes de vegetación original en el callejón interandino son muy escasos, algo más frecuentes en las vertientes externas de la cordillera, sobre todo hacia la región Amazónica (Ulloa & Jørgensen 1995). Sin embargo, todos estos remanentes están en riesgo de desaparecer (Cuamacás & Tipaz 1995, Ulloa & Jørgensen 1995, Eynden *et al.* 1998). Este proceso de degradación de los ecosistemas naturales avanza de manera conjunta con el proceso de pérdida y degradación de los conocimientos tradicionales campesinos sobre las especies nativas, este último es, incluso, más acelerado (CESA 1992, Cerón 2002c).

La etnobotánica – al estudiar la relación entre el hombre y la plantas – permite apreciar

a los recursos vegetales desde los ojos de quienes los usan y la influencia del ambiente natural en las culturas interactuantes (Given & Harris 1994, Cunningham 2001). Esta cualidad es ya ampliamente reconocida como imprescindible para alcanzar el manejo sostenible de los ecosistemas y conservar la diversidad natural y cultural (Martín 1995, Alexiades 1996, Berkes *et al.* 2000, Campos & Ehringhaus 2003). Como afirman Paz y Miño *et al.* (1997): *"la calidad y cantidad de los conocimientos etnobotánicos debe ser un aspecto cuidadosamente analizado antes de establecer estrategias de investigación y conservación del bosque y de sus grupos indígenas"*. Las amenazas que se ciernen sobre la región andina, así como su alto endemismo y diversidad vegetal (Jørgensen & León-Yánez 1999) y cultural (Josse & Barragán 2001) hacen que sea indispensable y prioritaria la investigación etnobotánica. Sin embargo, los estudios etnobotánicos realizados en el área son escasos (Cerón 1993a, 1994b, c, 2002a, c).

Por lo anotado, es necesario conocer: ¿Cuáles son las investigaciones etnobotánicas que se han hecho en los Andes ecuatorianos? Esta investigación pretendió contestar esta pregunta mediante la revisión de la información bibliográfica existente sobre las investigaciones etnobotánicas que se han realizado en los Andes ecuatorianos. Se espera contribuir con esto a mejorar la base de información necesaria para el manejo sostenible y conservación en la región.

La información se recopiló en bibliotecas de instituciones relacionadas a este tópico (Bibliotecas Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Herbario QAP de la Universidad Central, Herbario QCNE, Aurelio Espinoza Pólit y Centro de Datos para la Conservación (CDC)). Se consideró información no publicada formalmente o poco detallada, como la que se encontró en resúmenes de eventos de botánica y etnobotánica. A pesar de que etnias como la Awa en las estribaciones occidentales y los Shuar y Quechua en las orientales mantienen asentamientos en los flancos de la cordillera sobre los 1.000 de elevación, su desarrollo se ha centrado en territorios menos elevados, por lo que con excepción de dos estudios – uno con los Quechua del oriente (Cerón 1993b) y otro con los Shuar (Santín 2004) – no fueron consideradas en esta revisión.

Las investigaciones se presentan en orden cronológico desde los escritos de cronistas elaborados durante la colonia e inicios de la época republicana - gran parte de esta información se obtuvo indirectamente de revisiones previas hechas por Acosta-Solís (1936-1993) y Estrella (1988a, 1991) - hasta las recientes investigaciones realizadas por científicos. A su vez, esta última sección se subdivide en estudios realizados sobre uso múltiple de las plantas andinas ecuatorianas, uso medicinal, comestible y maderable (que se reportan en apartados individuales); y las investigaciones etnobotánicas realizadas en las etnias Quechua de la sierra, mestiza, Quechua del oriente y Shuar.

La etnobotánica en la época de la Colonia (1534–1822)

El siglo XVI marcó el establecimiento definitivo de la colonización española en América. Los Andes ecuatorianos fueron parte del territorio de la Real Audiencia de Quito, que formaba parte del Virreinato de Lima en un principio y del Virreinato de Nueva Granada posteriormente (Ayala 1994). Quienes inicialmente reportaron la utilidad de las plantas andinas fueron los exploradores-conquistadores que llegaron a lo que era el Reino de Quito (Acosta-Solís 1976). Estos primeros reportes de la relación hombre-planta en los Andes no fueron validados por especímenes botánicos de referencia. Los escritos de cronistas en la época de la Conquista y Colonia se limitaron a describir las distintas especies usadas por la gente nativa y así proporcionar nuevos recursos vegetales con potencial comercial para la Corona Española. El reino de España se interesó desde un inicio

en las plantas que se usaban en el Nuevo Continente, prueba de ello es que en el año de 1577 se elaboró un interrogatorio que se distribuyó en todas las colonias americanas con el fin de que sirva como un instructivo para la descripción de las *Indias* y que permitiera mejorar su gobierno. En este cuestionario se hacía referencia explícita al registro de las plantas útiles. Adicionalmente, en toda Europa se publicaban las noticias del Nuevo Mundo y se anunciaban las raras y singulares virtudes de diversos árboles, hierbas, especias y extraños frutos (Acosta-Solís 1976).

A mediados del siglo XVIII, se reorientó la política de España hacia sus colonias, para reafirmar su presencia en América tanto a nivel militar, administrativo y legal, como a nivel científico. El interés en la naturaleza americana se incrementó, buscando no sólo la manutención del imperio colonial a través de la explotación de las riquezas naturales, sino también el reconocimiento a nivel científico del potencial español y de sus colonias (Estrella 1991a). De esta manera, se organizaron grandes expediciones científicas, en que ya no eran sólo cronistas quienes inventariaron aquello que encontrasen al paso, sino botánicos del Real Jardín Botánico de Madrid y sus discípulos, quienes estudiaron y describieron numerosas especies botánicas con sus respectivas colecciones e ilustraciones, siguiendo el sistema de Linneo (Acosta-Solís 1982, Estrella 1991a).

Entre los cronistas del Nuevo Mundo que se inclinaron por las ciencias naturales y que dieron a conocer sobre especies vegetales novedosas que eran usadas por la gente en los Andes, están:

1. **Gonzalo Fernández de Oviedo** (1478-1557), español, considerado como el primer naturalista de América, quien escribió la *Historia General y Natural de las Indias* (1547). De los 50 libros de los que consiste esta obra, muchos están dedicados a las plantas, como el libro X: *De los Árboles Medicinales o de las Plantas y sus Propiedades* (Acosta-Solís 1976).
2. **Pedro Cieza de León** (1518-1560), en su obra *Crónica del Perú* (1553), menciona especies de plantas útiles para los pobladores de algunas regiones ecuatorianas (Acosta-Solís 1976).
3. El Padre **José de Acosta** (1539-1600) en el libro *Historia Natural y Moral de las Indias* (1590) describió especies vegetales usadas en el Incario sobre todo de especies de tubérculos y frutales andinos (Acosta-Solís 1979).
4. **Garcilaso de la Vega,** *el Inca* (1539-1617), hijo de un conquistador español y de una princesa Inca, recorrió todo lo que fue el Imperio Inca con el fin de relatar las pasadas grandezas del mismo. En su obra *Comentarios Reales* (1609) incluye descripciones de las plantas cultivadas en el Tahuantinsuyo como el maíz (*Zea mays*), la papa (*Solanum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*), la quinua (*Chenopodium quinoa*), árboles frutales como el ussun o capulí (*Prunus serotina*) y especies medicinales (Acosta-Solís 1973a, 1976).
5. **Bernabé Cobo** (1572-1657) en el libro *Historia del Nuevo Mundo* (1613) realizó estudios de los recursos vegetales especialmente en Perú y enumeró especies económicamente importantes que crecen en distintos pisos altitudinales (Acosta-Solís 1979).

Otras obras que merecen mencionarse y que reportan usos de frutos alimenticios e incluyen ocasionalmente descripciones de plantas medicinales son: *Historia General de las Indias* (1590) del Padre Bartolomé de las Casas y *Quatro libros de la Naturaleza y Virtudes de las Plantas y Animales en la Nueva España* (1615) de Francisco Hernández (Acosta-Solís 1973a).

Quienes inician la historia científica en la región andina son **Charles Marie de La Condamine** (1701-1774) y **Joseph de Jussieu** (1704-1779), miembros de la Misión Geodésica Francesa que llegó a Quito en 1736. En lo que respecta a las plantas útiles, La Condamine

(jefe de esta misión) realizó colecciones de pocas especies sobre todo de las de importancia económica, que se hallan en el Museo de Historia Natural de París (Acosta-Solís 1976). La Condamine elaboró en 1738 la primera descripción científica de la quina de Loja (*Cinchona officinalis*, 1753), especie que ya en 1630 se dio a conocer en Europa por sus virtudes en el tratamiento del paludismo y que pasó a ser el mayor aporte americano a la farmacopea universal (Acosta-Solís 1976, Estrella 1991a, Madsen 2002). El botánico **Joseph de Jussieu** (1704-1779) realizó muchas colecciones y estudios en Perú y Quito. Sin embargo, éstas fueron robadas y muchos de sus escritos quedaron inéditos (Acosta-Solís 1976, Estrella 1991a), como su obra *Memoria sobre la Quina* que quedó sin publicarse hasta 1936 (Jussieu 1936). Una serie de colecciones botánicas que consistían en órganos o partes morfológicas de algunas plantas de valor económico, alimenticio y medicinal fueron expuestas por el naturalista ecuatoriano **Pedro Franco Dávila** (1711-1786) en el Real Gabinete de Historia Natural de Madrid, junto con gran cantidad de objetos arqueológicos y fauna coleccionados por él (Acosta-Solís 1968b). El Padre Juan de Velasco (1727-1792) publicó la *Historia del Reino de Quito en la América Meridional* (1789), obra importante para la historia y las ciencias naturales ecuatorianas. El libro II del primer tomo trata sobre el *Reino Vegetal* y reporta casi 270 especies de plantas útiles al hombre y a los animales. El Padre Juan de Velasco categorizó a las plantas útiles del Reino de Quito en: 1) medicinales entre las que describe más de 60 especies, 2) vegetales de distinto uso, como las cañas que a su vez cuentan con al menos 20 variedades o el aliso (*Alnus acuminata*) descrito como una especie tintórea, 3) las plantas útiles por la flor o la madera (55 especies), 4) bálsamos, gomas, aceites y especerías (38 especies), 5) palmas y sus frutos comestibles (30 especies), 6) frutas comestibles de plantas y árboles, como el tocte o nuez quitense (*Juglans neotropica*, casi 100 especies), 7) raíces comestibles, legumbres y hortalizas (34 especies) y 8) plantas "maravillosas por sus efectos de magnífica inteligencia" como *Mimosa pudica*, llamada pingacu, pingac o vergonzosa, la que según este autor sólo se encoge al contacto humano y no al de otras especies animales (Velasco 1977).

José Mejía Lequerica (1775-1813) puede ser considerado como el primer botánico y etnobotánico en el Ecuador. Éste contó como maestro a Anastasio Guzmán, botánico andaluz, quien llegó a realizar estudios en Quito en 1801. Mejía describió nuevos géneros y especies vegetales "cuidando siempre de inquirir sus virtudes y usos para el alivio de los enfermos y la ilustración de su patria", según palabras del mismo Guzmán. Estuvo además relacionado con la *Expedición Botánica de Nueva Granada*, que fue dirigida a partir de 1783 por José Celestino Mutis (1732-1808), médico y botánico español radicado en Bogotá que estaba muy interesado en estudiar las quinas de Loja. Durante el tiempo que duró esta relación, Mejía envió desde Quito a Bogotá descripciones botánicas, láminas y esqueletos de plantas. José Mejía siempre se interesó por la utilidad médica de las plantas y sus trabajos se refieren sobre todo a la zona andina cercana a Quito. El gran proyecto de este autor fue la obra llamada *Plantas Quiteñas*, de la que sólo se ha encontrado el *Cuaderno Segundo* en el Archivo del Jardín Botánico de Madrid. Esta es la primera obra sobre la flora ecuatoriana que sigue los lineamientos de la botánica moderna (Estrella 1988a).

La riqueza florística de la provincia de Guayaquil, especialmente de los árboles útiles para la construcción naval y la fama de las quinas de Loja, comprobado específico del tratamiento del paludismo, motivaron a la Corona Española al envío en 1799 de una *Expedición Botánica* cuyo objetivo fue el estudio de la flora de estas regiones (Madsen *et al.* 2001). Durante nueve años (1799-1808), los botánicos españoles Juan Tafalla y Juan Agustín Manzanilla, el pintor peruano José Gabriel Rivera y el pintor quiteño Xavier Cortés –quien

se unió a la expedición un año más tarde– recorrieron las principales zonas florísticas de las actuales provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí. Este primer gran estudio botánico del país fue denominado *Flora Huayaquilensis* (Estrella 1991a, Madsen *et al*. 2001). Esta expedición inició su trabajo con la descripción de especies botánicas de los bosques cercanos a Guayaquil, seguidos por inventarios de los bosques secos de la costa (Madsen *et al.* 2001). Finalmente, a mediados de 1803 la expedición de Tafalla se dirigió a la sierra para estudiar todas las especies de quina del país. La expedición ascendió a los Andes, se examinaron las quinas de Malbucho, Lita, Cuenca, llegando hasta Loja y Jaén, logrando describir 32 especies diferentes (Estrella 1991a). Adicionalmente, identificaron científicamente numerosas especies de plantas económicas de la zona templada y fría, las cuales fueron incluidas en un grupo de publicaciones llamado *Flora Quitensis* (1799), que reportó información sobre los usos de la población (Estrella 1991a).

La etnobotánica en los Andes de la República del Ecuador (1822– 2005)

Las expediciones botánicas realizadas a América auspiciadas por el gobierno español a fines del siglo XVIII aportaron mucho al conocimiento botánico y fueron las últimas realizadas durante la Colonia. Cuando finalizó el periodo colonial, los recursos vegetales ya no fueron de interés de la Corona Española sino que de las mismas naciones independientes que surgieron. Por otro lado, con la expedición de Alexander Von Humboldt, inciada en el año de 1799 renacen las expediciones europeas al Nuevo Mundo. El siglo XIX es también conocido como el de las expediciones científicas, porque a partir de la de Humboldt, distinguidos naturalistas vinieron a la región en gran parte atraídos por las publicaciones hechas por este científico (Acosta-Solís 1982).

Los botánicos, entonces, eran gente local usualmente asociados a la iglesia como Fray Vicente Solano (1791–1865), el padre Luis A. Sodiro (1835–1909) y Luis Mille (1863–1940), así como exploradores extranjeros que llegaron por interés científico como August Rimbach (1862–1943) o en busca de plantas con potencial económico como Wilson Popenoe (1892–1975), quien realizó una importante contribución al conocimiento de las frutas tropicales principalmente de la regiones de Imbabura, Ambato y Loja y de las cinchonas (*Cinchona* spp.); Sergio Juzepsuk, miembro de la Misión Científica Rusa que visitó Sudamérica en 1927 y estudió las variedades de papa presentes en el Ecuador; finalmente Alcides Carvalho, brasileño que viajó en 1940 a la región andina con el fin de colectar semillas y muestras botánicas de cinchona y de otras plantas económicas en las provincias de Imbabura, Bolívar, Azuay y Loja (Acosta-Solís 1968b).

La labor de los investigadores de las plantas útiles de la región andina ecuatoriana ha continuado hasta la actualidad, merecen mencionarse las investigaciones del botánico y químico Alfredo Paredes (1905–) quien publicó los trabajos *Especies ecuatorianas de importancia industrial* (1952) y *Plantas usadas por nuestros aborígenes* (1955) y realizó estudios fitoquímicos en el chamico (*Datura* spp.) y del pungal (*Solanum crinitipes*) (Acosta-Solís 1968b). Luis Cordero (1833–1912) azuayo aficionado a la botánica, aportó con investigaciones sobre los usos de las plantas de la parte austral ecuatoriana. En su obra *Enumeración Botánica de las provincias de Azuay y Cañar*, reportó los usos de especies incluidas en más de 100 familias del reino vegetal (Cordero 1950). Wendell Holmes Camp, miembro de la Misión de Cinchona del Ecuador (ver más adelante) junto a sus asistentes: Francisco Prieto y Manuel Giler de Ecuador y H. Jørgensen de Dinamarca realizó gran cantidad de colecciones de 1944 a 1946 con información etnobotánica de casi 300 especies, sobre todo en las provincias de Azuay y Cañar, que incluyó en las categorías medicinales y venenosas, comestibles para el

hombre y animales y propósitos misceláneos (Balslev & Joyal 1980, Joyal 1987, Tabla 1).

Existe importante información sobre los usos tradicionales de especies vegetales andinas provisto en publicaciones centradas en: 1. las plantas ornamentales de Ambato (Acosta-Solís 1964); 2. grupos taxonómicos como las Ciperáceas y Poáceas con sus usos como forrajeras, medicinales, materiales de construcción o rellenos, cestería y elaboración de instrumentos musicales y de cacería (Acosta-Solís 1969); 3. especies arbóreas y arbustivas que se encuentran en remanentes de bosques andinos de la sierra norte ecuatoriana entre los 2.200-3.800 m (Cuamacás & Tipaz 1995). Este último estudio reportó los usos de 101 especies arbóreas y arbustivas pertenecientes a 42 familias botánicas, las familias con un mayor número de especies fueron Melastomataceae y Lauraceae (10 y 8, respectivamente) (Cuamacás & Tipaz 1995). Existen también estudios sobre especies forestales nativas usadas en sistemas agroforestales y reforestación, como los trabajos de Spier & Biederbick (1980) quienes presentan la descripción botánica, propagación, suelos aptos para el establecimiento y usos de 22 especies arbóreas y arbustivas nativas; Brandbyge & Holm-Nielsen (1987) reportan los usos tradicionales y nombres vernáculos de 75 especies de plantas nativas que pueden ser usadas en reforestación, además proveen de información ecológica, taxonómica y de reproducción de especies representativas como *Buddleja incana*, *Vallea stipularis*, *Polylepis* spp., *Oreopanax* spp. y *Gynoxys* spp.; Carlson & Añazco (1990) realizaron investigaciones sobre sistemas agroforestales de la región interandina para mitigar la erosión del suelo, vientos, heladas y escasez de productos forestales y seleccionaron especies nativas con múltiples usos conocidas tradicionalmente por los agricultores de la serranía. La Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) dio a conocer los usos de las especies forestales nativas que se conocen en las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Cañar; reconoció patrones y procesos en el uso de los recursos vegetales. Se identificaron 15 usos para 221 especies nativas, los más importantes fueron el combustible (34%), materia prima (31%), medicina (20%) y alimento (10%). En las comunidades investigadas, los

Tabla 1: Estudios sobre usos varios de las plantas andinas.

Tema	**Publicación**
Información de usos de especies andinas	Cordero (1950), Balslev & Joyal (1980), Joyal (1987), Acosta-Solís (1964, 1969), Spier & Biedrbick (1980), Brandbyge & Holm Nielsen (1987), Carlson & Añazco (1990), CESA (1991, 1992), Loján (1992), Cuamacás & Tipaz (1995), Padilla y Asanza (2001)
Especies usadas en construcción y objetos manufacturados	Gattoni (1942a), Acosta-Solís (1951, 1957b, 1960b), Cerón (1994, 2003), Macía & Balslev (2000)
Especies con propiedades plaguicidas	Ayats & Zabala (2000)
Especies con importancia apícola	Ramírez (2000)
Palmas	Acosta-Solís (1944a, 1971), Borgtoft-Pedersen & Balslev (1990), Barfod (1991), Borgtoft-Pedersen (1991), Balslev & Barfod (1992), Borgtoft-Pedersen & Balslev (1993), Balslev *et al.* (1997), Borchsenius *et al.* (1998)

individuos mayores a 50 años reportaron un mayor conocimiento de las plantas, mientras que las mujeres identificaron en promedio más especies útiles que los hombres, aunque estos últimos reconocieron un mayor de número de usos. El número de especies forestales útiles registradas en las 20 comunidades estudiadas fluctuó entre 12 y 62; aquellas comunidades que dispusieron de bosques o residuos boscosos reconocieron un mayor número de especies vegetales que aquellas que carecen de ellos. Se identificó la pérdida de conocimiento de usos alternativos de especies forestales cuando prima la necesidad de usarlas como fuente de combustible (CESA 1991, 1992). Adicionalmente, se ha recopilado información sobre usos distribución y formas de propagación de 40 especies de árboles y arbustos andinos que pueden ser usados en sistemas agroforestales (Loján 1992); así como información respectiva a los usos, nombres comunes, distribución y propagación de 102 especies de plantas ornamentales de la ciudad de Quito (Padilla & Asanza 2001).

De forma particular, se han realizado estudios en plantas con importancia económica utilizados para la construcción o elaboración de objetos manufacturados, como plantas productoras de fibras y lanas vegetales (Acosta-Solís 1951, 1957b) bambúes y pseudobambúes del Ecuador (Acosta-Solís 1960b). Más recientemente se ha dado a conocer 220 especies de plantas productoras de fibra en todo el país, entre ellas las que crecen en la región andina (Cerón 2003). Macía (este volumen) recopiló información sobre los usos de plantas de fibra en los Andes de Ecuador, Perú y Bolivia. En Ecuador registró el mayor número de especies (34) en 16 familias de plantas vasculares, entre las que Poaceae y Arecaceae contaron con mayor cantidad de especies (8 y 7, respectivamente). En el Ecuador, se comercializan más especies de plantas de fibra (11), que en Perú (1) y Bolivia (4). Información más detallada acerca de algunas de estas especies ha sido provista por Gattoni (1942a) y Cerón (1994a) quienes reportan la etnobotánica de *Agave* sp. y *Furcraea andina* en la provincia de Cotopaxi y por Macía & Balslev (2000) sobre usos, manejo e importancia económica y cultural de la totora (*Schoenoplectus californicus*) en los Andes ecuatorianos. La totora se usa principalmente para elaborar esteras que se comercializan a nivel nacional e incluso se exportan a Europa, Estados Unidos y países vecinos, por lo que se constituye en una fuente de ingreso importante para muchas familias Quechua de la serranía. Se han registrado 20 especies de plantas con propiedades plaguicidas tradicionalmente usadas por los quechuas en la provincia de Imbabura (Ayats & Zabala 2000) y 154 especies de plantas de importancia apícola en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (Ramírez 2000).

Merecen mención particular, los numerosos estudios realizados en la familia Arecaceae o de las palmas de los Andes (ver Borchsenius & Moraes en este volumen). Si bien, la mayor riqueza de especies de esta familia se encuentra en tierras bajas, existen 21 géneros que crecen sobre los 1.000 m en los Andes tropicales (Moraes *et al.* 1995) y 15 géneros en los Andes del Ecuador, como *Dictyocaryum*, *Ceroxylon* y *Geonoma* (Borchsenius *et al.* 1998). Acosta-Solís (1944a) ha realizado investigaciones sobre la tagua, coroso o marfil vegetal (*Phytelephas aequatorialis*), del occidente ecuatoriano hasta los 1.500 m y es uno de los principales productos forestales del Ecuador. Este mismo autor elaboró en 1971 un tratado sobre las palmas útiles del noroccidente ecuatoriano, que incluyó palmas que crecen en las estribaciones de la cordillera. Es importante la contribución de científicos daneses al conocimiento etnobotánico sobre las palmas en el Ecuador. Algunos de sus estudios incluyen parcial o totalmente a las 50 especies que crecen en los Andes y proveen información sobre uso, importancia económica, manejo, extractivismo y comercialización (Borgtoft-Pedersen & Balslev 1990, Barfod 1991, Borgtoft-Pedersen 1991, Balslev & Barfod 1992, Borgtoft-Pedersen

& Balslev 1993, Balslev *et al.* 1997, Borchsenius *et al.* 1998).

Estudios sobre plantas medicinales andinas

Los estudios específicos que se han hecho sobre plantas medicinales andinas son los más numerosos, por lo que se presentan en un apartado individual. El número de publicaciones relativas al tema suma 25 (Tabla 2). Precursores en estas investigaciones son según (Acosta-Solís 1976) William Jameson (1796–1873, naturalista, medico, químico y botánico) quien publicó en 1864 en el *Correo del Ecuador* artículos sobre las propiedades medicinales de plantas ecuatorianas (Mille 1922); y Richard Spruce (1817-1893), quien trabajó en el Ecuador entre 1857 y 1861, con el objetivo de cumplir con un mandato de la Corona Británica: colectar semillas y estacas de quina, cascarilla o cinchona (*Cinchona* sp.) para propagarla en la India. Spruce en su viaje por Sudamérica colectó 30.000 especímenes botánicos y clasificó 21 vocabularios indígenas amazónicos (Acosta-Solís 1976). Marco T. Varea (1875–1942) fue un aficionado al estudio de las ciencias naturales y publicó la obra *Botánica Médica Nacional* en que enumera más de 400 especies medicinales colectadas en Ecuador y provee información sobre sus propiedades, aplicaciones, nombres comunes y lugar o clima en que crecen (Varea 1922). Misael Acosta-Solís (1910–1994) realizó estudios detallados de plantas conocidas desde antes de la conquista en la región interandina por sus propiedades medicinales, entre las que se cuentan especies importantes culturalmente como la valeriana (*Valeriana sorbifolia* (citada como *V. gracilis*) y *V. decussata* (citada como *V. polemonioides*), utilizada como estimulante y antiespasmódico (Acosta-Solís 1936); el tipo (*Minthostachys mollis*), planta nativa que crece en el callejón interandino y que es utilizada como emenagoga para combatir afecciones del aparato respiratorio, estimulante estomacal y para aliviar el dolor de cabeza (Acosta-Solís 1937a); el frailejón (*Espeletia pycnophylla* (citada como *E. grandiflora*) distribuida al norte de la región andina en el Páramo del Ángel y que se usa para aliviar el reumatismo y la parálisis histérica. La investigación realizada incluyó estudios micrográficos y químicos (Acosta-Solís 1937b). También se estudió la achicoria (*Hypochaeris sessiliflora*, citada como *Achyrophorus quitensis*) de los páramos ecuatorianos, la decocción de sus raíces se usa como diurético, purgante y para afecciones del

Tabla 2: Estudios sobre plantas medicinales andinas.

Tema	Publicación
Especies medicinales del Ecuador	Varea (1922), Acosta-Solís (1992, 1993), White (1982), Buitrón (1999)
Especies medicinales andinas	Bianchi (1984), Ortega (1988), Hermida (1990), Ruiz (1993), Kothari (1993)
Especies usadas por shamanes	Haro (1971)
Especies medicinales de mercados	Cerón & Gaybor (1994), Cerón & Montalvo (1994), Cerón & Reina (1996), Montalvo & Cerón (2003)
Determinadas especies medicinales	Acosta-Solís (1936, 1937a, b, c, 1942a, 1943, 1944b, 1946)
Taxones particulares	Abdo *et al.* (1995), Padilla (2003)

sistema nervioso, se usa además como alimento de chanchos (Acosta-Solís 1942a) y el quishuar (*Buddleja incana*), árbol de lento crecimiento que se propaga por medio de semillas dispersadas por aves y por estaca, sus hojas se utilizan como diurético (Acosta-Solís 1943). Complementariamente, este autor publicó dos obras enteras dedicadas a la enumeración de las plantas medicinales ecuatorianas (Acosta-Solís 1992, 1993). En 1936, Misael Acosta-Solís consiguió que la cinchona (*Cinchona* spp.) conocida también como árbol de la vida o planta de la humanidad sea desginada como planta nacional del Ecuador (Acosta-Solís 1944b). Desde 1943, este científico fue parte de la apenas establecida Misión de Cinchona, que tenía el objetivo de conocer su distribución, hábitat, especies y asociaciones en el Ecuador. Esta Misión se creó debido a que la Oficina de la Guerra de Economía de USA necesitó nuevamente la corteza de cinchona o cascarilla de los bosques ecuatorianos para ganar la guerra en los trópicos (la gran producción monopolizadora de la quinina de las Indias Orientales, de la que se abastecían las fuerzas aliadas, cayó con la invasión japonesa) (Acosta-Solís 1944b). Finalmente, publicó los resultados de sus investigaciones sobre historia, distribución, agronomía, explotación y comercio de la cinchona con lo que contribuyó enormemente al conocimiento de esta importante planta andina (Acosta-Solís 1937c, 1944b, 1946).

Por otro lado, se han realizado recopilaciones del saber tradicional andino sobre especies vegetales de uso medicinal, sin embargo algunas carecen de colecciones botánicas que puedan ser usadas como referencia. Haro (1971) reportó sobre plantas usadas por los shamanes en el Reino de Quito, White (1982) sobre hierbas medicinales del Ecuador, Ortega (1988) sobre plantas medicinales de mercados de la ciudad de Quito y Buitrón (1999) sobre uso, comercio y legislación de las plantas medicinales ecuatorianas. Incluso algunos estudios carecen de los nombres científicos de las especies presentadas: Bianchi (1984) sobre plantas medicinales del páramo en la provincia del Cotopaxi, Kothari (1993) sobre especies usadas tradicionalmente en la provincia de Imbabura y Ruiz (1993) sobre las plantas medicinales de la región andina. Otras solo están disponibles en resúmenes de simposios (Hermida (1990).

Estudios adicionales llevados a cabo en la sierra sobre grupos taxonómicos específicos dentro de esta categoría son Abdo *et al.* (1995), quienes realizaron el análisis fitoquímico de las Asteráceas con propiedades medicinales registradas en la provincia de Chimborazo y en literatura; y Padilla (2003) sobre usos medicinales de las asteráceas andinas. Otra contribución al conocimiento etnobotánico en esta categoría es la recopilación de las especies vegetales con uso medicinal que se expenden en mercados de distintas ciudades de la serranía ecuatoriana, como Guaranda (Cerón & Gaybor 1994), Riobamba (Cerón & Montalvo 1994), Ibarra (Cerón & Reina 1996) y Cuenca (Montalvo & Cerón 2003). El número de especies medicinales registrado en estos mercados varía de 79 en Guaranda a 175 en Riobamba.

Estudios sobre plantas comestibles andinas

Las especies vegetales comestibles han suscitado el interés de muchos investigadores a lo largo de la historia. Se tuvo acceso a 13 publicaciones relativas al tema (Tabla 3). Especies autóctonas con potencial económico como la chirimoya (*Annona cherimola*) (Gattoni 1942b), el aguacate (*Persea americana*) (Salvatierra 1942), el achiote (*Bixa orellana*), el ají (*Capsicum annuum*) (Acosta-Solís 1942b), el ussun o capulí (*Prunus serotina*) (Popenoe & Pachano 1943, Acosta-Solís 1973b) y los tubérculos andinos (Acosta-Solís 1980) fueron tempranamente objeto de descripciones e investigaciones detalladas que dieron a conocer sus cualidades.

Estudios más recientes sobre la composición química, valor nutricional, botánica económica y etnobotánica de especies de importancia económica como el hovo (*Spondias purpurea*) en la cuenca hidrográfica del río Chota han sido realizados por Macía (1997), Koziol & Macía (1998) y Macía & Barfod (2000). Los frutos de esta especie presentan un alto valor de densidad calórica, además de ser una fuente de potasio y vitamina C. Se comercializa en el Ecuador e incluso se exportan a Colombia y Perú, además es posible comercializar mermelada, vino o licor de hovo. Las plantas pueden ser propagadas vegetativamente en áreas marginales de escaso valor agrícola. Otra especie con potencial económico que ha sido objeto de investigación, es la luma (*Pouteria lucuma*), cuyo fruto sirve de alimento a animales domésticos y al hombre, la harina que se obtiene de éste puede ser producida con fines comerciales en la provincia de Loja (Aguirre 2002a).

Eduardo Estrella (1941-1996) y Plutarco Naranjo, médicos e historiadores, han contribuido al conocimiento de las plantas alimenticias nativas que se consumían en el Ecuador antes de la llegada de los españoles, entre las que se cuentan el amaranto (*Amaranthus caudatus*), el maíz (*Zea mays*), la quinua (*Chenopodium quinoa*), el chocho (*Lupinus mutabilis*) o la papa (*Solanum tuberosum*). Estos autores estudiaron los procesos productivos y comerciales en los que estaban inmersas estas plantas comestibles, como el dominio vertical de los pisos ecológicos, el cultivo en camellones, andenes y terrazas, el almacenamiento, conservación, preparación e intercambio de productos a cortas y largas distancias (Estrella 1988b, 1991b, Naranjo 1991).

Con el objetivo de dar a conocer las especies de plantas silvestres que son alimento de los Saraguro y mestizos de la provincia de Loja y de seleccionar posibles especies que pudieran ser domesticadas, se realizó un estudio que registró, mediante entrevistas en localidades ubicadas en diferentes zonas de vida, un total de 250 especies vegetales comestibles (Eynden 1997, Eynden *et al.* 1998). Se realizó otro estudio, en el mismo lugar y utilizando la misma metodología, exclusivamente sobre especies vegetales productoras de frutos comestibles en la provincia de Loja. Se reportó 43 especies además de usos adicionales al comestible de éstas en la región (Cueva 1997).

Estudios sobre especies maderables andinas

Misael Acosta-Solís realizó investigaciones en especies de árboles nativos maderables como el quishuar (*Buddleja incana*) (Acosta-Solís 1943), el sisín (*Podocarpus* spp.) (Acosta-Solís 1957a) y alertó tempranamente sobre su sobreexplotación. Complementariamente, realizó una catalogación de las principales especies maderables del Ecuador y su usos

Tabla 3: Estudios sobre plantas comestibles andinas.

Tema	Publicación
Especies comestibles del Ecuador precolombino	Estrella (1988b, 1991b), Naranjo (1991)
Especies comestibles silvestres	Eynden (1997), Cueva (1997), Eynden *et al.* (1998)
Especies particulares comestibles	Gattoni (1942b), Salvatierra (1942), Popenoe & Pachano (1943), Acosta-Solís (1942b, 1973b, 1980), Macía (1997), Koziol & Macía (1998), Macía & Barfod (2000), Aguirre (2002a)

específicos, como las que se emplean en mueblería, enchapados, tallado o construcción de canoas (Acosta Solís 1960a) (Tabla 4).

Ellemann (1991) reportó 67 especies vegetales de las que los Saraguros obtienen madera. Especies de las familias Podocarpaceae, Meliaceeae y Juglandaceae presentan maderas muy finas que pueden ser usadas en mueblería, mientras que la maderas de las familias Myrtaceae, Lauraceae, Cunoniaceae y Clusiaceae (del género *Clusia*), son resistentes al agua por lo que son aptas para la construcción de viviendas. La información se obtuvo entrevistando a un informante en el campo y recolectando muestras botánicas de las especies registradas; las que se proponen, además, como potenciales para la reforestación en la región.

Especies de árboles maderables poco conocidas de la región sur del Ecuador han sido presentados por Aguirre (2002b) con el objetivo de presentar especies sustitutas que puedan disminuir la presión de explotación sobre especies más conocidas y que puedan ser usadas en proyectos de agroforestería, conservación y restauración. Consecuentemente, se provee de datos sobre la forma de crecimiento, fenología, distribución, requerimientos ecológicos, silvicultura, propiedades tecnológicas y uso de la madera de 20 especies. Se procuró incluir especies pioneras o invasoras como el achotillo, *Vismia baccifera*, que crece de 0-2.000 m de altitud, es una planta no exigente en cuanto a suelos, con excelente regeneración natural y que se usa en carpintería, construcción, leña y extracción de carbón (Aguirre 2002b).

Investigaciones etnobotánicas en etnias de la región andina

Quechuas de la sierra

La etnobotánica de localidades Quichuas y mestizas de las provincias de Carchi, Imbabura, Tungurahua y Cotopaxi ha sido investigada por estudiantes de biología de la Universidad Central del Ecuador. Las localidades investigadas están ubicadas 1.500-4.500 m de altitud. En todos los casos se entrevistó a informantes en el campo y se colectaron especímenes botánicos. Estos estudios reportaron 190–212 especies útiles por provincia investigada. Las plantas medicinales son en todos los casos las más numerosas, otras categorías de uso importante para la población de estas localidades son la alimenticia, ornamental y forrajera (Eguiguren 1990, Morillo 1990, Pozo 1990, Urquía 1990) (Tabla 5). Estudios en otras zonas de la serranía ecuatoriana han sido realizadas por Alarcón (1990) quien reportó 150 especies útiles para la población indígena de las partes bajas del bosque protector Pasochoa; Jaramillo (1990) reportó sobre algunas especies útiles para los otavaleños y Orbea *et al.* (2000) registraron 39 especies de plantas útiles en el bosque protector Cashca Totoras en la provincia de Bolívar a una altitud de 2.700-4.335 m. Este estudio registró numerosas especies maderables.

Numerosos estudios etnobotánicos en la región andina ecuatoriana han sido realizados por el botánico Carlos Cerón, quien ha aplicado

Tabla 4: Estudios sobre plantas maderables andinas.

Tema	Publicación
Especies particulares maderables	Acosta-Solís 1943, 1957a
Catálogo de especies maderables del Ecuador	Acosta Solís 1960a
Especies maderables de Saraguros	Ellemann 1991
Especies maderables poco conocidas	Aguirre 2002b

encuestas informales a informantes en el campo, al tiempo que ha colectado especímenes botánicos para registrar plantas usadas en localidades de la Reserva Geobotánica del Pululahua cerca de Quito (Cerón 1993a); en el cráter del Quilotoa en la provincia del Cotopaxi (Cerón 1994b); valles interandinos secos en la hoya de Guayllabamba y Chota en las Provincias de Imbabura y Pichincha (Cerón 1994c); comunidad de Pondoa en el volcán Tungurahua (Cerón 2002a), volcán Putzalagua en la Provincia de Cotopaxi (Cerón 2002d) y zona de influencia del Parque Nacional Sangay en la comunidad indígena de Alao (Cerón 2002c). La comunidad de Pondoa fue el único lugar donde se registró un mayor número de especies para la categoría de plantas usadas como fuente de combustible, en las demás investigaciones la categoría medicinal contó con el mayor número de especies registradas. Generalmente, otras categorías de uso importantes fueron las de plantas forrajeras y alimenticias (Tabla 5).

Un estudio etnobotánico complementario en la sierra ecuatoriana y que ha aplicado metodologías adicionales a la entrevista de informantes en el campo, como la realización de talleres es el estudio antropológico y biológico llevado a cabo por Morales & Schjellerup (2000) en la comunidad de Oyacachi, localizada dentro la Reserva Ecológica Cayambe-Coca. Se reportaron 95 especies útiles, los usos más frecuentes fueron: medicinal, alimenticio, combustible, construcción y artesanal. Se destaca el uso tradicional y antiguo del aliso (*Alnus acuminata*) en la producción de artesanías (Morales & Schjellerup 2000).

Quechuas del oriente, Shuar y mestizos

Las estribaciones orientales de los Andes albergan una gran riqueza florística. Se ha estudiado la etnobotánica de comunidades Quechuas establecidas sobre los 1.000 m en la región aledaña al volcán Sumaco, donde existen alrededor de 4.000 especies de plantas (Cerón 1993b). A través de la aplicación de entrevistas a informantes clave en el campo y de la colección de muestras botánicas se identificaron 173 especies útiles. Las categorías medicinal, zoo-uso y alimenticia fueron las que registraron un mayor número de especies (Cerón 1993b).

Una investigación sobre la diversidad y composición de la flora de la cuenca del río Paute en la provincia de Morona Santiago realizó muestreos al azar y transectos en distintos tipos de vegetación. Adicionalmente, se registró información sobre plantas que usa la gente mestiza del área (42 especies). Se reportó una gran cantidad de especies maderables y alimenticias (Cerón 1993c). Se estudió el uso de las plantas por comunidades mestizas del río Upano en la provincia de Morona Santiago, mediante la aplicación de entrevistas semiestructuradas a informantes. Gran parte de las 168 especies vegetales útiles registradas se incluyó en las categorías ornamental y medicinal (Cerón 2002b)).

La etnobotánica de comunidades Shuar y mestizas asentadas en el alto Nangaritza en las estribaciones surorientales de los Andes ha sido investigada por Santín (2004). Se registró 135 especies útiles pertenecientes a 52 familias botánicas, las que presentaron un mayor número de especies fueron Solanaceae y Arecaceae (12 y 11, respectivamente). Las plantas útiles fueron en su mayoría árboles y arbustos, en menor medida fueron hierbas y lianas. La categoría medicinal incluyó a 57 especies, las plantas comestibles y maderables también contaron con un alto número de especies (Tabla 5).

Discusión y conclusiones

La recopilación de la información etnobotánica generada en investigaciones realizadas en los Andes ecuatorianos permitió contextualizarla de acuerdo al momento histórico en que fue obtenida, el uso que asignado a las plantas y los grupos humanos que las utilizaron. Esta contextualización hizo posible entender los

Tabla 5: Investigaciones etnobotánicas de los Quechuas de la sierra, Oriente, mestizos y Shuar. * INA: Información a la que no se tuvo acceso.

Quechuas de la sierra **Autor**	**Localización**	**Altitud (m)**	**Especies útiles**	**Categoría con mayor número de especies**
Alarcón 1990	Pichincha-Bosque Protector Pasochoa		150	INA*
Cerón 1993a	Pichincha-Reserva Geobotánica del Pululahua	1.800–3.356	261	Medicinal (87)
Cerón 1994b	Cotopaxi-cráter del Quilotoa	3.540–3.980	82	Medicinal (42)
Cerón 1994c	Imbabura y Pichincha-Hoya de Guayllabamba y Chota	1.680–2.100	35	Medicinal (12)
Cerón 2002a	Tungurahua-Pondoa, volcán Tungurahua	2.800–3.500	152	Combustible (34), Medicinal (29)
Cerón 2002c Cerón 2002d	Chimborazo-Alao, Parque Nacional Sangay Cotopaxi- Putzalagua	3.3003000–3512	119132	Medicinal (55)Medicinal (64)
Eguiguren 1990	Cotopaxi	1.800–3.600	más de 200	Medicinal (211 colecciones)
Jaramillo 1990	Imbabura/Otavaleños	INA		INA
Morales & Schjellerup 2000	Napo-Oyacachi	1.800–4.000	95	Medicinal (46)
Morillo 1990	Tungurahua	1.700–3.100	más de 212	Medicinal (161 colecciones)
Orbea *et al.* 2000	Bolívar-Bosque Protector Cashca Totoras	2.700– 4.335	39	Maderable
Pozo 1990	Carchi	2.500–4.500	190	Medicinal (147)
Urquía 1990	Imbabura	1.500–2.700	más de 200	Medicinal (357 colecciones)
Quechuas del oriente y mestizos de las estribaciones orientales de los Andes				
Cerón 1993b	Napo-volcán Sumaco	1.220, 1.067, 524	173	Medicinal (61)
Cerón 1993c	Morona Santiago-cuenca Río Paute	1.000–1.750	42	Maderables (18)
Cerón 2002b	Morona Santiago-río Upano	2.400–2.700	168	Ornamental (31), Medicinal (29)
Satín 2004	Zamora Chinchipe-Alto Nangaritza	900 –1.200	135	Medicinal (57)

distintos enfoques de estas investigaciones y comprender con qué tipo de información se cuenta. Por ejemplo, en los inicios de la época colonial las descripciones y observaciones de plantas útiles tenían el propósito de dar a conocer a la Corona Española sobre nuevos recursos vegetales, por lo que – aunque cumplieron su propósito a cabalidad – no se realizaron colecciones botánicas de las especies descritas. Este hecho afecta en la precisión para asignar nombres científicos a las plantas reportadas en estas investigaciones etnobotánicas pioneras (Prance 1996, Cerón 2002e); sin embargo, la información que proporcionaron contribuyó enormemente al desarrollo científico en Europa y América (Acosta-Solís 1968b).

Desde entonces se ha generado gran cantidad de investigaciones científicas sobre la etnobotánica en los Andes ecuatorianos. Muchas reportan múltiples usos tradicionales de especies vegetales que pueden ser usados en sistemas agroforestales o en reforestación o se enfocan en usos específicos de las plantas, como comestible o medicinal. Esta última categoría de uso es la que más interés de acuerdo al momento histórico en que fue obtenida, el uso que asignado a las plantas y los grupos humanos que las utilizaron. Esta contextualización hizo posible entender los distintos enfoques de estas investigaciones y comprender con qué tipo de información se cuenta. Por ejemplo, en los inicios de la época colonial las descripciones y observaciones de plantas útiles tenían el propósito de dar a conocer a la Corona Española sobre nuevos recursos vegetales, por lo que –aunque cumplieron su propósito a cabalidad– no se realizaron colecciones botánicas de las especies descritas. Este hecho afecta en la precisión para asignar nombres científicos a las plantas reportadas en estas investigaciones etnobotánicas pioneras (Prance 1996, Cerón 2002e); sin embargo, la información que proporcionaron contribuyó enormemente al desarrollo científico en Europa y América (Acosta-Solís 1968b).

Desde entonces se ha generado gran cantidad de investigaciones científicas sobre la etnobotánica en los Andes ecuatorianos. Muchas reportan múltiples usos tradicionales de especies vegetales que pueden ser usados en sistemas agroforestales o en reforestación o se enfocan en usos específicos de las plantas, como comestible o medicinal. Esta última categoría de uso es la que más interés ha suscitado (25 publicaciones), quizá debido a que en un inicio la botánica no era considerada como una materia de estudio por sí misma, sino que era parte de la formación en la medicina (Stafleu 1964), por lo que investigadores con instrucción médica han incursionado en la botánica y estudio de las propiedades medicinales de las plantas como Joseph de Jussieu, José Mejía, Eduardo Estrella y Plutarco Naranjo. De manera paralela, en la mayoría de los estudios etnobotánicos de etnias andinas en el uso medicinal es donde mayor número de especies se ha registrado. Este elevado número y su importancia puede deberse a que son asequibles económica, espacial y temporalmente en comunidades, que probablemente no tienen acceso a un sistema de salubridad formal, como ha sido reportado en estudios etnoecológicos y etnobotánicos de comunidades Shuar del valle Nangaritza al sur del Ecuador (Pohle & Reinhardt 2004).

Se han realizado estudios etnobotánicos en casi todos los grupos humanos que habitan la región andina. Estos estudios consisten mayormente en la enumeración de las plantas que conoce la gente local. Se cuenta entonces con una amplia base de información sobre usos de las plantas andinas, que en gran medida está debidamente respaldada por especímenes botánicos. En algunos casos, las áreas de estudio han sido definidas en términos de división política en provincias del país y no en relación a los grupos humanos que habitan la región. Un siguiente paso en la investigación etnobotánica podría ser la consideración de aspectos socio-culturales y productivos en que las plantas están siendo usadas por los grupos

humanos estudiados, lo que a su vez permitiría reconocer el valor del complejo creencia-conocimiento-práctica indígena en relación al manejo de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad (Toledo 1992, 2000). Además se podría procurar identificar procesos y patrones de uso de las plantas como respuesta a variables ecológicas, geográficas o antropológicas. Investigaciones de esta índole están tomando cada vez más fuerza en el campo de la etnobotánica y etnoecología (Salick *et al.* 1999) y ya han sido realizadas en la región amazónica (Byg & Balslev 2004, Pohle & Reinhardt 2004, 2006, Byg & Balslev *et al.* 2006, Byg *et al.* en prep.) y en la sierra ecuatoriana (CESA 1991, 1992) con lo que se auguran mejores resultados en los esfuerzos por promover el desarrollo de las comunidades rurales y la conservación de los recursos naturales (Campos & Ehringhaus 2003).

Mediante la compilación bibliográfica realizada, se determinó una importante falencia en la investigación de la interacción hombre-planta en la región andina: buena parte de los estudios no llega a publicarse formalmente. Un cuerpo de información considerable se halla en manos de investigadores y solamente se tiene acceso a los resúmenes de estos trabajos que han sido presentados en simposios o congresos relacionados al tema (p.e. Eguiguren 1990, Hermida 1990, Morillo 1990, Pozo 1990, Urquía 1990, Orbea *et al.* 2000). Es decir, la información se encuentra dispersa y no es de fácil acceso. Adicionalmente, se detectó la necesidad de compatibilizar los estudios reportados mediante el ingreso, homologación y sistematización de la información en bases de datos.

Por ello, es imprescindible un trabajo que recopile y recupere toda esta información para que pueda ser integrada, analizada y difundida a la comunidad en general, a fin de evitar la pérdida del conocimiento tradicional, reconocer los recursos andinos y sus potencialidades y contribuir a la toma de decisiones mejor sustentada en relación al manejo sostenible de los recursos naturales y de regiones específicas. Esto permitiría además la identificación certera de vacíos en el conocimiento y de prioridades en la investigación etnobotánica futura. Esta iniciativa ya está siendo llevada a cabo por investigadores del proyecto BEISA, del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y el Departamento de Botánica Sistemática de la Universidad de Aarhus en Dinamarca.

Referencias

Abdo, S., C. Játiva, J. Jara, J. Moreno, M. Ortiz, G. Marinoni, P. Vita, G. Vidari & G. Mellerio. 1995. Importancia etnobotánica de las compuestas de la Sierra Ecuatoriana. Pp: 11–23. En: Naranjo, P. (ed.). Etnomedicina: Progresos Ítalo-Latinoamericanos. Vol. II. Memorias del IV Congreso Ítalo-Latinoamericano de Etnomedicina "Felice Fontana". UNICEF, Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, Abya-Yala, Quito. 333 p.

Acosta-Solís, M. 1936. Estudio botánico-químico de las valerianas de Quito y Patate (*V. gracilis* y *V. polemonioides*, respectivamente). Anales de la Universidad Central. Tomo LVI. (269): 565–577.

Acosta-Solís, M. 1937a. *Bistropogon mollis*. Flora Universidad Central, Facultad de Ciencias Quito 1(2): 5–13.

Acosta-Solís, M. 1937b. Estudio botánico químico del *Espeletia grandiflora*. Frailejón del páramo del Ángel. Anales de la Universidad Central. Tomo LIX(301): 167–226.

Acosta-Solís, M. 1937c. La quina roja, flor nacional del Ecuador. Flora Universidad Central, Facultad de Ciencias Quito 1(1): 45–46.

Acosta-Solís, M. 1942a. Estudio botánico farmacognósico de la achicoria de Quito: *Achyrophorus quitensis* Schultze Bip. Flora Universidad Central, Facultad de Ciencias Quito 2(5–6): 79–97.

Acosta-Solís, M. 1942b. Propiedades alimenticias del achiote y del ají. Revista de la Cámara de Agricultura 1ª. Zona 5(39–40): 473–475.

Acosta-Solís, M. 1943. El quishuar u olivo del páramo, olivo de los Incas. Flora Universidad Central, Facultad de Ciencias Quito 3(7–10): 119–125.

Acosta-Solís, M. 1944a. La tagua, coroso o marfil vegetal. Flora Universidad Central, Facultad de Ciencias Quito 4(11-12): 23-58.

Acosta-Solís, M. 1944b. Historia de las exploraciones cinchoneras en el Ecuador. Flora Universidad Central, Facultad de Ciencias Quito 5(13-14): 119-223, 6(15-16): 7-126.

Acosta-Solís, M. 1946. Las cinchonas en el Ecuador. Editorial del Ecuador, Quito. 271 p.

Acosta-Solís, M. 1951. Fibras y lanas vegetales industriales del Ecuador. Boletín de Informaciones Científicas Nacionales 4(41): 191–198.

Acosta-Solís, M. 1957a. El "sisín" nuestra conífera autóctona, debe ser propagada artificialmente. Boletín Informativo Agropecuario 3(22): 16.

Acosta-Solís, M. 1957b. Las fibras y lanas vegetales en el Ecuador. Boletín Industrial Ecuatoriano (8): 5-13.

Acosta-Solís, M. 1960a. Maderas económicas del Ecuador y sus usos. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito.

Acosta-Solís, M. 1960b. Los bambúes y pseudobambúes económicos del Ecuador. Ciencia y naturaleza 3(1): 7-24.

Acosta-Solís, M. 1964. Flores y plantas ornamentales de la ciudad Ambateña. Pío XII, Ambato. 43 p.

Acosta-Solís, M. 1968a. Divisiones fitogeográficas y formaciones geo botánicas del Ecuador. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito. 271 p.

Acosta-Solís, M. 1968b. Naturalistas, viajeros científicos y botánicos que han contribuido al conocimiento florístico y fitogeográfico del territorio ecuatoriano. Contribución No. 65. Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito. 111 p.

Acosta-Solís, M. 1969. Generalidades morfológicas del orden de las glumifloras. Flora Universidad Central, Facultad de Ciencias Quito 12(47–50): 1-216.

Acosta-Solís, M. 1971. Palmas económicas del noroccidente ecuatoriano. Naturaleza Ecuatoriana 1(2): 80-163.

Acosta-Solís M. 1973a. El paisaje y la cubierta vegetal del Reino de Quito al arribo de los conquistadores españoles. Boletín de Informaciones Científicas Nacionales 14(105–106): 11–27.

Acosta-Solís, M. 1973b. Origen y geografía del "capulí". 1973. Boletín de informaciones científicas nacionales 14(105-106): 28-32.

Acosta-Solís, M. 1976. Investigadores de la geografía y la naturaleza de América tropical. Viajeros, cronistas e investigadores, con especial referencia al Ecuador. Parte I. I.P.G.H. Sección Nacional del Ecuador, Quito. 201 p.

Acosta-Solís, M. 1979. Nuestras plantas útiles, según los cronistas. Cultura Hispánica (8): 1-6.

Acosta-Solís, M. 1980. Tubérculos, raíces y rizomas cultivados en el Ecuador. Pp: 175-214 En: L. Corral & J.H. Cáceres (eds.) II Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, 4-8 junio de 1979, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Ingeniería Agronómica; IICA, Riobamba.

Acosta-Solís, M. 1982. Científicos alemanes que han contribuido a la geografía e historia natural del Ecuador. Cultura V (13): 135-203.

Acosta-Solís, M. 1992. Vademécum de plantas medicinales del Ecuador. FESO-Abya-Yala, Quito. 243 p.

Acosta-Solís, M. 1993. Plantas medicinales del folclor ecuatoriano. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Ambato. 161 p.

Aguirre, N. 2002a. Luma (*Pouteria lucuma*) – potencial producto forestal no maderable de los Andes ecuatorianos. Pp: 339-349. En: Z. Aguirre, J. E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.). Botánica Austro ecuatoriana - Estudios sobre los Recursos Naturales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe. Ediciones Abya-Yala, Quito.

Aguirre, Z. 2002b. Árboles austroecuatorianos útiles poco conocidos. Pp: 351-374. En: Z. Aguirre, J. E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.). Botánica Austro ecuatoriana – Estudios sobre los Recursos Naturales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe. Ediciones Abya-Yala, Quito.

Alarcón, R. 1990. Plantas útiles del Pasochoa. Pp: 1. En: Ríos, M. & B. Bergmann (eds.). Resúmenes del Primer Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica, Herbario QCA, Quito.

Alexiades, M. 1996. Introduction. Pp: XI. En: M. Alexiades (ed.). Selected Guidelines for Ethnobotanical Research: A Field Manual. The New York Botanical Garden. Nueva York.

Almeida, E. 2000. Culturas prehispánicas del Ecuador. Viajes Chasquiguiñán Cía. Ltda., Quito. 180 p.

Ayala, E. 1994. Resumen de la historia del Ecuador. Corporación Editora Nacional, Quito. 162 p.

Ayats, M. & N. Zabala. 2000. Plantas con propiedades plaguicidas en el sur de Imbabura. Pp. 43. En. M. Asanza, A. Freire, D, Nelly, S. Sandoval & J. Welling (eds.) Resúmenes del Tercer Congreso Ecuatoriano de Botánica. Funbotánica. QCNE, EcoCiencia. Embajada Real de los Países Bajos, Quito.

Barfod, A. S. 1991. Usos pasados, presentes y futuros de las palmas Phytelephantoideas (Arecaceae). Pp: 23-46. En: M. Ríos & H. Borgtoft-Pedersen (eds.) Las Plantas y el Hombre. Herbario QCA, PUCE, Abya-Yala, Quito.

Balslev, H. & A. Barfod. 1992. The economic botany of Ecuadorean palms. Pp: 23-46. En: M. Plotkin & L. Famolare (eds.). Sustainable harvest and marketing of rain forest products. Island Press. Washington, D. C.

Balslev, H. & E. Joyal. 1980. Plant collectors in Ecuador: Camp, Prieto, Giler & Jørgensen. Brittonia 32: 437-451.

Balslev, H., Ríos, M., Quezada, G. & B. Nantipa. 1997. Palmas útiles en la Cordillera de los Huacamayos. Probona, Quito. 257 p.

Bennett, B. C., M. A. Baker & P. Gómez. 2002. Ethnobotany of the Shuar of eastern Ecuador. Advances in Economic Botany 14: 1-299.

Berkes, F., J. Colding & C. Folke. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. Ecological Applications 10: 1251–1262.

Bianchi, A. 1984. Hierbas medicinales del páramo (Cotopaxi). Abya-Yala, Quito. 40 p.

Borgtoft-Pedersen, H. 1991. Management, extractivism and commercial use of wild palms in Ecuador. Pp: 13-22 En: M. Ríos & H. Borgtoft-Pedersen (eds.) Las Plantas y el Hombre. Herbario QCA, PUCE, Abya-Yala, Quito.

Borgtoft-Pedersen, H & H. Balslev. 1990. Ecuadorean palms for agroforestry. AAU Reports 23: 1-20.

Borgtoft-Pederesen, H. & H. Balslev. 1993. Palmas Útiles. Especies ecuatorianas para agroforestería y extractivismo. Abya-Yala, Quito.

Borchsenius, F., H. Borgtoft-Pedersen & H. Balslev. 1998. Manual to the palms of Ecuador. AAU Reports 37: 1-217.

Brandbyge, J. & L.B. Holm Nielsen. 1987. Reforestación de los Andes ecuatorianos con especies nativas. CESA, Editora Porvenir, Quito. 118 p.

Buitrón, X. 1999. Ecuador: uso y comercio de plantas medicinales, situación actual y aspectos importantes para la conservación. TRAFFIC International, Quito. 101 p.

Byg, A. & H. Balslev. 2004. Factors affecting local knowledge of palms in Nangaritza valley, southeastern Ecuador. Journal of Ethnobiology 24(2): 255–278.

Byg, A. & H. Balslev. 2006. Palms in indigenous and settler communities in Southeastern Ecuador: farmers perception and cultivation practices. Agroforestry Systems 67: 147-158.

Byg, A., J. Vormisto & H. Balslev. 2006. Village differences in palm diversity, extraction and road access in South-eastern Ecuador. Biodiversity and Conservation.

Byg, A., J. Vormisto & H. Balslev. En prep. Using the useful: characteristics of used palms in South Eastern Ecuador. Environment, Development and Sustainability.

Campos, M. T. & C. Ehringhaus. 2003. Plant virtues are in the eyes of the beholders: a comparison of known palm uses among indigenous and colonist communities of southwestern Amazon. Economic Botany 57: 324-344.

Carlson, P. J. & M. Añazco. 1990. Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en la sierra ecuatoriana. Red Agroforestal Ecuatoriana, Quito. 187 p.

Cerón, B. 1988. Los Awa-Kwaiker. Un grupo indígena de la selva pluvial del Pacífico nariñense y el Nor-Occidente Ecuatoriano. Abya-Yala, Quito. 304 p.

Cerón, C. E. 1993a. Plantas útiles de la Reserva Geobotánica del Pululahua. Provincia de Pichincha-Ecuador. Hombre y Ambiente (25): 9–72.

Cerón, C. E. 1993b. Etnobotánica quichua en la vía Hollín-Loreto. Provincia del Napo. Hombre y Ambiente 25: 131-171.

Cerón, C.E. 1993c. Diversidad, composición y utilidad de la flora en la cuenca del río Paute. Geográfica 31: 95-123.

Cerón, C.E. 1994a. Etnobotánica del cabuyo en la provincia del Cotopaxi. Etnobotánica y Diversidad en el Ecuador. Hombre y Ambiente 31: 5-38.

Cerón, C.E. 1994b. Etnobotánica del Quilotoa, Cotopaxi-Ecuador. Etnobotánica y Diversidad en el Ecuador. Hombre y Ambiente 31: 39-84.

Cerón, C.E. 1994c. Diversidad, composición y uso florístico en la Hoya Guayllabamba-Chota, provincia Pichincha-Imbabura Ecuador. Etnobotánica y Diversidad en el Ecuador. Hombre y Ambiente 31: 85-135.

Cerón, C.E. 2002a. Etnobotánica del Pondoa, volcán Tungurahua. Cinchonia 3(2): 26-35.

Cerón, C. E. 2002b. Etnobotánica del río Upano, sector Purshi-zuñac, Parque Nacional Sangay. Cinchonia 3(2): 36-54.

Cerón, C. E. 2002c. Etnobotánica de la comunidad de Alao, zona de influencia del Parque Nacional Sangay. Cinchonia 3(2): 55-63.

Cerón, C. E. 2002d. Etnobotánica del Putzalagua, Cotopaxi, Ecuador. Cinchonia 3(2): 95-102.

Cerón, C. E. 2002e. La etnobotánica en el Ecuador. Cinchonia 3(2): 1-16.

Cerón, C.E. 2003. Etnobotánica de las fibras naturales del Ecuador. Cinchonia 4(1): 21-34.

Cerón, C:E. & D. Gaybor. 1994. Plantas medicinales de los mercados de Guaranda. En: Memorias de las XVIII Jornadas Ecuatorianas de Biología. Ambato SEB / Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Cerón, C.E. & C. Montalvo. 1994. Plantas medicinales de los mercados de Riobamba. En: Memorias de las XVIII Jornadas Ecuatorianas de Biología. Ambato SEB / Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Cerón, C. E. & M. M. Reina. 1996. Plantas medicinales de los mercados de Ibarra Imbabura-Ecuador. Cátedra 12: 23-38.

CESA (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas) (ed). 1991. Usos tradicionales de las especies forestales nativas en el Ecuador. Tomo 1. FEPP, Quito. 119 p.

CESA (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas) (ed). 1992. Usos tradicionales de las especies forestales nativas en el Ecuador. Tomo 2. FEPP, Quito.

Cordero, L. A. 1950. Enumeración botánica. Provincias del Azuay y Cañar. Segunda Edición. Afrodisio Aguayo S.A., Madrid. 183 p.

Cordero, L. 1950. Enumeración botánica de las provincias Azuay y Cañar. Afrodisio Aguado S. A., Madrid 240 p.

Cuamacás, B. & G. Tipaz. 1995. Árboles de los bosques interandinos del Norte del Ecuador. Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Monografía No. 4. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, FUNDACYT, Fundación Jatun Sacha, Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito. 231 p.

Cueva, E. G. 1997. Árboles y arbustos productores de frutos comestibles en la provincia de Loja. Pp: 223-233. En: M. Ríos & H. Borgtoft Pedersen (eds.). Uso y Manejo de Recursos Vegetales. Memorias del Segundo Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica, Abya-Yala, Quito.

Cuningham, A. B. 2001. Etnobotánica aplicada. Pueblos uso de las plantas silvestres y conservación. WWF-UK, UNESCO, Royal Botanical Gardens, Kew - Nordan. 300 p.

De la Torre, C. 1983. Chaupi Punllapi Tutaj Yarcu (Anocheció a la Mitad del Día). Departamento de Artes Gráficas del Consejo Provincial de Pichincha, Quito. 184 p.

Eguiguren, R.E. 1990. Plantas útiles de la provincia de Imbabura. Pp. 15-16. En: Resúmenes de las XIV Jornadas Nacionales de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Ellemann, L. 1991. El uso de la madera del bosque montano por los Saraguros. Pp: 139-148 En: M. Ríos & H. Borgtoft-Pedersen (eds.) Las Plantas y el Hombre. Herbario QCA, PUCE, Abya-Yala, Quito.

Estrella, E. 1988a. José Mejía. Primer botánico ecuatoriano. Colección Historia de las Ciencias 1. Abya-Yala, Museo de Historia de la Medicina, Grupo de Estudios "José Mejía", Quito. 99 p.

Estrella, E. 1988b. El pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes del Ecuador. Abya-Yala, Quito. 390 p.

Estrella, E. 1991a. Flora huayaquilensis. La expedición botánica de Juan Tallafa a la Real Audiencia de Quito 1799-1808. Abya-Yala, Centro Cultural Artes, Quito. 103 p.

Estrella, E. 1991b. Plantas alimenticias prehispánicas. Pp: 265-282 En: M. Ríos & H. Borgtoft-Pedersen (eds.) Las Plantas y el Hombre. Herbario QCA, PUCE, Abya-Yala, Quito.

Eynden, V. van den. 1997. Plantas comestibles en la provincia de Loja. Pp: 203-221. En: M. Ríos & H. Borgtoft Pedersen (eds.). Uso y Manejo

de Recursos Vegetales. Memorias del Segundo Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica. Abya-Yala, Quito.

Eynden, V. van den, E. Cueva & O. Cabrera. 1998. Plantas silvestres comestibles del Sur del Ecuador. Wild Edible Plants of Southern Ecuador. Abya-Yala, Quito. 220 p.

Gattoni, L. 1942a. Proyecto para el fomento del cultivo e industrialización de la cabuya. Revista de la Cámara de Agricultura de la 1ª Zona. 6(37 y 38): 445-452.

Gattoni, L. 1942b. Chirimoya. Revista de la Cámara de Agricultura de la 1ª Zona. 6(45 y 46): 445-452.

Given, D.R. & Harris, W. 1994. Techniques and methods of ethnobotany. Lincoln University Printery, Lincoln. 148 p.

Haro, S. 1971. Shamanismo y farmacopea en el Reino de Quito. Contribuciones del Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales 75: 3-28.

Hermida, C. 1990. Plantas de la medicina tradicional en las provincias de Azuay y Cañar. Pp: 15. En: Ríos, M. & B. Bergmann (eds.). Resúmenes del Primer Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica. Herbario QCA, Quito.

Iriondo, M. 1994. The quaternary of Ecuador. Quaternary International 21: 101-112.

Jaramillo, J. 1990. Etnobotánica de los otavaleños. Pp: 18. Pp: 1. En: M. Ríos & B. Bergmann (eds.). Resúmenes del Primer Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica. Herbario QCA, Quito.

Jørgensen, P. M. & S. León-Yánez (eds.). 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: 1-1181.

Josse, C. & L. Barragán. 2001. La biodiversidad y sus facetas. Pp: 1-15 En: C. Josse (ed.). La Biodiversidad del Ecuador, Informe 2000. Ministerio del Ambiente - Ecociencia, UICN, Quito.

Joyal, E. 1987. Ethnobotanical field notes from Ecuador: Camp, Prieto, Jørgensen and Giler. Economic Botany 41(2): 163-189.

Jussieu, J. de. 1936. Description de l'arbre a Quinquina: Mémoire Inédit de Joseph de Jussieu. Société du traitement des Quinquinas, París. 223 p.

Kothari, B. 1993. Ñucanchic Panpa Janpicuna. Plantas medicinales del campo. La Esperanza, Angochagua y Caranqui: Imbabura. Abya-Yala, Quito. 303 p.

Koziol, M. J. & M. J. Macía. 1997. Chemical composition, nutricional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). Economic Botany 52(4): 373-380.

Kvist, L. P. & L. Holm-Nielsen. 1987. Ethnobotanical aspects of lowland Ecuador. Opera Botanica 92: 83-107.

Loján, L. 1992. Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal andino. Luz de América, Quito. 217 p.

Macía, M. J. 1997. El "ovo" (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae) un árbol frutal con posibilidades socioeconómicas en Ecuador. Pp: 271-281. En: M. Ríos & H. Borgtoft Pedersen (eds.). Uso y Manejo de Recursos Vegetales. Memorias del Segundo Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica. Abya-Yala, Quito.

Macía, M. J. & H. Balslev. 2000. Use and management of totora (*Schoenoplectus californicus*, Cyperaceae) in Ecuador. Economic Botany 54(1): 82-89.

Macía, M. J. & A. S. Barfod. 2000. Economic botany of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in Ecuador. Economic Botany 54: 449-458.

Madsen, J. E.. 2002. Historia cultural de la cascarilla de Loja. Pp: 385-399 En: Z. Aguirre, J. E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.) Botánica Austro ecuatoriana - Estudios sobre los Recursos Naturales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe. Ediciones Abya-Yala, Quito.

Madsen, J. E., R. L. Mix & H. Balslev. 2001. Flora of Puná Island. Plant Resources on a Neotropical Island. Aarhus University Press, Aarhus. 289 p.

Martin, G. J. 1995. Ethnobotany: a methods manual. Chapman and Hall, Londres. 240 p.

Mille, L. 1922. Prólogo a la obra de botánica médica nacional del Dr. Marco T. Varea Q. En: M. T. Varea. Botánica Médica Nacional, Latacunga.

Moraes, M., G. Galeano, R. Bernal, H. Balslev & A. Henderson. 1995. Tropical Andean palms. pp. 473-487 En: S. P. Churchill. H. Balslev, J. L. Luteyn & E. Forero (eds.), Biodiversity and Conservation. Neotropical Montane Forests. The New York Botanical Garden, Nueva York.

Montalvo, C. & C.E. Cerón. 2003. Plantas medicinales que se expenden en los mercados de Cuenca. Pp: 47-54. En: P. Naranjo, J.L. Coba (eds.). Etnomedicina en el Ecuador. Biblioteca Ecuatoriana de Ciencias Vol. 3. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, Corporación Editora Nacional, Quito.

Morales, P. & I. Schjellerup. 2000. La gente y su cultura. Pp: 28-65. En: Oyacachi- La gente y la biodiversidad. Centro para la investigación de la Diversidad Cultural y Biológica de los Bosques Pluviales Andinos (DIVA), Dinamarca y Ediciones AbyaYala, Quito.

Morillo, I. 1990. Plantas útiles de la provincia deTungurahua. Pp. 14. En: Resúmenes de las XIV Jornadas Nacionales de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Naranjo, P. 1991. Plantas alimenticias del Ecuador precolombino. Pp: 283-303. En: M. Ríos & H. Borgtoft-Pedersen (eds.) Las Plantas y el Hombre. Herbario QCA, PUCE, Abya-Yala, Quito.

Orbea, M., M. Salazar & M. Moposita. 2000. Plantas útiles del bosque protector Cashca Totoras. Pp: 50. En. M. Asanza, A. Freire, D, Nelly, S. Sandoval & J. Welling (eds.) Resúmenes del Tercer Congreso Ecuatoriano de Botánica. Funbotánica. QCNE, EcoCiencia, Embajada Real de los Países Bajos, Quito.

Ortega, F. 1988. Hierbas medicinales Quito urbano. Ministerio de Salud Pública. Instituto Nacional de Investigaciones Nutricionales y Médico Sociales, Quito. 69 p.

Padilla, I. 2003. Asteraceae medicinales de la región interandina. Pp: 55-61. En: P. Naranjo & J.L. Coba (eds.). Etnomedicina en el Ecuador. Biblioteca Ecuatoriana de Ciencias Vol. 3. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, Corporación Editora Nacional, Quito.

Padilla, I. & Asanza, M. 2001. Árboles y arbustos de Quito. Herbario Nacional del Ecuador QCNE, Quito. 118 p.

Paredes, A. 1952. Especies ecuatorianas de importancia industrial. Boletín del Instituto de Ciencias Naturales, Quito. 1.

Paredes, A. 1955. Plantas usadas por nuestros aborígenes. Boletín del Instituto de Ciencias Naturales, Quito. 2.

Parra, J. H. & S. Virsano. 1994. Por el camino culebrero. Etnobotánica y medicina de los indígenas Awá del Sábalo (Nariño). Vicariato Apostólico de Túmaco. Equipo Pastoral de Altaquer, UNIPA, Comunidad Indígena de Sábalo, Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo de Nariño "Coorponariño", Abaya-Yala, Quito. 247 p.

Paz y Miño, G., H. Balslev & R. Valencia. 1997. Etnobotánica, biodiversidad y diversidad cultural: Algunas hipótesis sobre la conservación del bosque y sus culturas indígenas. Pp: 3-21. En: M. Ríos & H. Borgtoft Pedersen (eds.). Uso y Manejo de Recursos Vegetales. Memorias del Segundo Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica. Abya-Yala, Quito.

Pohle, P. & S. Reinhardt. 2004. Indigenous knowledge of plants and their utilization among the Shuar of the lower tropical mountain forest in southern Ecuador. Lyonia 7(2): 139 -160.

Popenoe, W. & A. Pachano. 1943. El capulí. Revista de la Lámina de Agricultura de la 1ª Zona 6 (45 y 46): 660-669.

Pozo, O. 1990. Plantas útiles de la provincia del Carchi. Pp. 12. En: Resúmenes de las XIV Jornadas Nacionales de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Prance, G.T. 1996. Foreword. Pp: VII. En: Alexiades, M. (ed.). Selected Guidelines for Ethnobotanical Research: A Field Manual. The New York Botanical Garden. Nueva York.

Ramírez, J. 2000. Floras de importancia apícola en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Pp: 51. En. M. Asanza, A. Freire, D, Nelly, S. Sandoval & J. Welling (eds.) Resúmenes del Tercer Congreso Ecuatoriano de Botánica. Funbotánica. QCNE. EcoCiencia. Embajada Real de los Países Bajos, Quito.

Ruiz, E. 1993. Plantas medicinales andinas. Uso práctico. Abya-Yala, Quito. 79 p.

Salick, J., Biun, A., Martin, G. Apin, L. & R. Beaman. 1999. Whence useful plants? A direct relationship between biodiversity and useful plants among Dusun of Mt. Kinabalu. Biodiversity and Conservation 8: 797-818.

Salvatierra, P. 1942. El aguacate. Revista de la Lámina de Agricultura de la 1ª Zona 5 (39 y 40): 660-669.

Santín, F. M. 2004. Ethnobotany of the communities of the upper Rio Nangaritza. Lyonia 7(2): 105 -125.

Sauer, W. 1965. Geología del Ecuador. Primera edición castellana. Editorial del Ministerio de Educación, Quito. 383 p.

Spier, H.P. & C. Biederbick. 1980. Árboles y leñosas para reforestar las tierras altas de la región interandina del Ecuador. Cuadernos de Capacitación Popular 4. Segunda Edición, Quito. 192 p.

Stafleu, F. A. 1964. Introduction to Jussieu's Genera Plantarum (Reprint 1964). Historiae Naturales Classica. Vol. 35. Editado por J. Cramer & H. K. Swann. Wheldon & Wesley Ltd., Nueva York. 498 p.

Toledo, V. 1992. What is Ethnoecology? Origins, scope and implications of a rising discipline. Etnoecológica 1 (1): 5-21.

Toledo, V. 2000. Ecología, sustentabilidad y modernidad alternativa: la filosofía política del milenio. Configuraciones 1: 27-36.

Tufiño, P. 2000. Diversidad del Ecuador. Ecuador Terra Incógnita 1(6): 4-5.

Ulloa, C. & P.M. Jørgensen. 1995. Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Segunda Edición. Abya-Yala, Quito. 329 p.

Urquía, O. M. 1990. Plantas útiles de la provincia de Imbabura. Pp. 13. En: Resúmenes de las XIV Jornadas Nacionales de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 66 p.

Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios & R. Sierra. 1999. Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Pp. 79-108. En: Sierra, R. (ed.). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

Varea Q., M.T. 1922. Botánica médica nacional. Tip. Vicente León, Latacunga. 161 p.

Velasco, J. De. 1977. Historia del Reino de Quito en la América meridional. Historia Natural. Tomo I. Libro II. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito. 504 p.

White, A. 1982. Hierbas del Ecuador. Plantas medicinales. 2da edición. Libri Mundi, Quito. 379 p.

Whitten, N. E. 1987. Sacha Runa. Etnicidad y adaptación de los Quichua hablantes de la Amazonía ecuatoriana. Abya-Yala. Quito. 367 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 268-284.

Plantas medicinales en los Andes de Bolivia

Prem Jai Vidaurre de la Riva

Herbario Nacional de Bolivia, Cota Cota, Campus Universitario, Calle 27 s/n,
Casilla 10077 – Correo Central, La Paz, Bolivia
email: manati_jai@yahoo.com

Abstract

The ecological and cultural characteristics of the Bolivian Andes present a variety of practices regarding traditional medicines, as demonstrated by the diversity of medicinal plants found in the region. Approximately 3,000 species of medicinal plants have been identified and verified in local herbaria, but not all ethnic groups have been searched and there is still a great need to carry out further studies on these groups that inhabit the Central Andes. In terms of medicinal plant knowledge, the Kallawaya culture has emerged as a leading ethnic group and has contributed greatly to the use and management of medicinal plants in the region and has made important contributions to medicine for all humanity. Traditional knowledge about medicinal plants covers several issues such as empirical classification systems, knowledge of species-specific habitats and traditional harvesting techniques, storage, and preparation and use of medicinal plants. Currently, medical science reinforces the value of traditional knowledge regarding the effectiveness of medicinal plants and through the identification of chemical compounds with important therapeutic properties, for example compounds that treat malaria and leishmaniasis. The genetic resources should be conserved together with the traditional knowledge of their use and management, and should continue to be investigated.
Key words: Medicinal plants, Traditional knowledge, Kallawaya, Bolivia.

Resumen

Las características ecológicas y culturales de los Andes de Bolivia ofrecen variedad de prácticas respecto a la medicina tradicional, cuyos protagonistas son las plantas medicinales. Se conocen alrededor de 3.000 especies de plantas medicinales identificadas y verificadas en los herbarios del país; sin embargo, las investigaciones no han abarcado la totalidad de las etnias, quienes son los que poseen este conocimiento. En este sentido, la cultura Kallawaya aparece como el líder, pues ha contribuido al conocimiento del uso y manejo de plantas medicinales dela región y con importantes medicinas para la humanidad. El conocimiento tradicional sobre las plantas medicinales contiene elementos esenciales, tales como: sistemas empíricos de clasificación, reconocimiento de hábitats de cada una de las especies y técnicas tradicionales de cosecha, almacenamiento, preparación y suministro de estas plantas a la población. Actualmente, la ciencia médica refuerza el conocimiento tradicional respecto a las bondades de las plantas, logrando identificar sustancias químicas con propiedades terapéuticas, p.e. antimaláricas y leishmanicidas. Es así, que estos recursos genéticos representan oportunidades para impulsar el desarrollo económico, enmarcado dentro la sostenibilidad y equidad social. Estos recursos genéticos necesitan ser conservados junto al conocimiento tradicional que se tiene sobre ellos con continuas investigaciones.
Palabras clave: Plantas medicinales, Conocimiento tradicional, Kallawaya, Bolivia.

Introducción

A inicios de los años noventa, la Organización Mundial de la Salud identificó que el 80% de la población mundial recurre a la medicina tradicional para asistir problemas de salud, la cual se basa principalmente en el empleo de plantas medicinales (UICN *et al.* 1993). Este alto porcentaje de la humanidad relacionado de alguna manera con la medicina tradicional, permite el mantenimiento de dichos conocimientos. Sin embargo, muchas plantas medicinales se encuentran en peligro de

extinción, lo cual incide en la pérdida de recursos genéticos. Actualmente no se dispone de información detallada al respecto y la mayoría de los países no cuentan con un inventario completo de sus plantas medicinales (UICN *et al.* 1993).

En el caso de Bolivia, gracias a su alta diversidad cultural y biológica, se ha generado e identificado una amplia gama de prácticas de medicina tradicional, cuya forma de expresión principal es la utilización de diversas plantas. En este sentido, el conocimiento académico del número de plantas medicinales para el país ha incrementado, inicialmente se estimaba que existían 1.500 especies de plantas medicinales reconocidas esencialmente por los grupos étnicos (Beck *et al.* 1999). Actualmente, Giménez & Ibisch (2003) indican que se conocen alrededor de 3.000 especies de plantas medicinales identificadas y verificadas en distintos herbarios del país y se cuenta con publicaciones recientes. Entre ellas podemos citar a trabajos realizados con plantas útiles de diferentes grupos étnicos como de Alexiades (1999), CIPTA *et al.* (1999), Arauz & Chiraye (2001), Hinojosa *et al.* (2001), Nate *et al.* (2001), Paniagua (2001), Bourdy (2002), y otras investigaciones con énfasis en plantas medicinales como de Zalles & De Lucca (1996), Arrázola (1999), Ventura *et al.* (1999), Vidaurre (2000), Vandebroek *et al.* (2003), De Lucca (2004), Macía *et al.* (2005) y Aguirre (2006). Sin embargo, no se ha abarcado la totalidad de las culturas, ni de las plantas medicinales existentes.

Por otro lado, se ha llegado a comprender que las plantas medicinales están inmersas en diferentes formas de vida de los pueblos originarios, grupos étnicos, comunidades y ciudades multiétnicas del país. El uso en cada una de ellas es amplia pues incluso abarca el campo de lo mágico espiritual, adquiriendo una importancia que supera al valor de uso convencional. Están insertas en una cosmovisión andino-amazónica que ha permitido su conservación, ya que considera aspectos como la ecología de la planta o su morfología que incide en las prácticas de recolección y suministro. Este conocimiento tradicional es invaluable y debe ser considerado, reconocido y protegido.

Ámbito de la medicina tradicional

Para reconocer el contexto de la medicina tradicional en los Andes de Bolivia es necesario identificar al valle de Charazani (provincia Bautista Saavedra, departamento La Paz) como epicentro de la cultura Kallawaya que ha contribuido enormemente al conocimiento del uso y manejo de plantas medicinales en la región. La cultura Kallawaya está conformada por curanderos itinerantes, considerados como *especialistas médicos de gran renombre* (Araucaria 2004), por poseer un vasto conocimiento en especies herbáceas y sustancias relacionadas con la farmacopea tradicional (Girault 1987). Este oficio ambulante permitió un despliegue extenso de la práctica de la medicina tradicional, así lo menciona Girault (1987), pues cierta fama de curanderos que curan *lo incurable* trascendió tanto fronteras cercanas hasta ciudades como Tokio, París, Berlín y Roma. Su relevante trayectoria ha llevado al reconocimiento de la cosmovisión andina de los Kallawaya, a través de la declaración por la UNESCO, como patrimonio oral e intangible de la humanidad (Loza 2005).

Actualmente, la práctica médica tradicional utiliza un gran número de especies herbáceas y una farmacopea natural entremezcladas con elementos mágicos empleados en rituales, que representan a la simbología andina (Fernández 1999). Estos aspectos a su vez interactúan libremente con elementos de una cultura actual, donde – por ejemplo – la ciudad de La Paz se muestra como una exhibición de folklore y modernidad de la medicina tradicional. En ello se tiene a un grupo relevante de conocedores de plantas medicinales denominados yatiris (de origen Aymara), quienes a través de celebraciones rituales y uso de especies herbáceas curan enfermedades. Su metodología implica en

principio la consulta a las hojas de coca (*Erythroxylum coca*), con que se determinará el uso de ciertas hierbas o emplastos y de ser necesario, una ofrenda denominada mesa a fin de negociar con los seres tutelares implicados en la aflicción del paciente (Fernández 1999). Existen también otros especialistas con conocimientos sobre los atributos de las especies medicinales, como los jampiris, aysiris, shamanes y parteras (Alba *et al.* 1993, Arrázola 1999, Ureña 2001, Calvo 2003). Los jampiris, de origen Quechua, son aquellas personas especializadas en las curaciones a base a hierbas, ubicados en la región andina del departamento de Cochabamba; los aysiris se especializan en trabajar con los espíritus, invocándolos y convocándolos (Alba *et al.* 1993); los shamanes, reconocidos principalmente en la literatura sobre pueblos amazónicos (Borgtoft *et al.* 1999), son también conocedores de plantas medicinales entre las varias capacidades relacionadas a la salud y el espíritu; sin embargo el término shamán, como maestro de ceremonias tiene origen siberiano (Fernández 1999). Las parteras son médicos tradicionales especializados en atender procesos del parto.

Durante los años ochenta existió un afloramiento de médicos tradicionales y especialistas en rituales indígenas de variada consideración (Fernández 1999), en consecuencia se conformó la Sociedad Boliviana de Medicina Tradicional (SOBOMETRA), instancia importante que impulsó la aprobación de un Decreto Ley en 1994 y su posterior reglamentación, mediante el cual se reconoce y autoriza la medicina tradicional, así como el ejercicio de médicos especializados en esta práctica (Fundación Bolivia Exporta 2004), hecho que históricamente se ha marcado un hito en la medicina tradicional de Bolivia, pues reafirma la autoestima de los pueblos en la necesidad de realzar y valorar sus prácticas tradicionales frente al Estado y la sociedad.

La visión de salud

Cuando pensamos en la salud, involucramos conocimientos y prácticas relacionadas con el contexto sociocultural dentro el cual nos desenvolvemos. Las plantas medicinales son importantes herramientas del paradigma de la medicina tradicional y se enfrentan a políticas públicas estructuradas sobre la ciencia de una cultura dominante que opaca su accionar.

Al contextualizar esta extensa práctica en el marco de la salud, entendida desde el punto de vista de las culturas tradicionales, es sumergirse en una visión sistémica que propone el concepto de equilibrio como resultado de elementos que interactúan. Para las culturas que sostienen la medicina tradicional, la salud es conceptualizada como un equilibrio armónico y dinámico entre el cuerpo, la mente y el entorno social y natural del individuo (Montes s/a). De tal manera, si existiese una trasgresión a este orden natural se estaría desequilibrando la homeostasis del sistema; este desequilibrio se denomina enfermedad (Montes s/a). En ese camino, Fernández (1999) identifica la existencia de una relación muy fuerte entre cuerpo y alma, pero no como realidades divididas, más bien formando parte del mismo tejido celular. Este concepto abre la posibilidad del uso de prácticas que reconozcan y favorezcan esta relación.

El procedimiento de la medicina tradicional busca métodos terapéuticos que recuperen la salud de forma global. Así, a la vez que se trata al órgano afectado, se busca mejorar el funcionamiento del resto del organismo con el fin de darle la oportunidad de que se recupere por sí mismo, usando sus propios mecanismos internos para restablecer el equilibrio perdido (Montes s/a). Este concepto amplía las formas posibles en que las plantas medicinales contribuyen al reestablecimiento de la salud. Un ejemplo de ello son las plantas utilizadas como diuréticas, purgantes o para la *limpieza de sangre*, ya que una vez que los sistemas renal, digestivo o sanguíneo, se encuentran

funcionando normalmente, el organismo expulsa agentes nocivos a la salud. Lo mencionado, resalta el principio de que el hombre busca el reestablecimiento de la salud por los caminos que le son armónicos a su cosmovisión, es decir, que si cada cultura cura a los suyos de la forma en que conciben al ser humano, es natural que la gente busque la cura en elementos que mejor representen e identifiquen la percepción sobre ellos.

Protagonistas de la medicina tradicional: las plantas medicinales

El conocimiento tradicional que han generado las culturas andinas sobre las plantas medicinales incluye a una serie de elementos importantes, tales como: sistemas empíricos de clasificación, reconocimiento de hábitats de cada una de las especies y técnicas de recolecta, cosecha, almacenamiento, preparación, finalmente el suministro de estas plantas a la población. Sin embargo, existen un reducido número de estudios que involucran a todos los elementos.

Diversidad

Las aproximadamente 3.000 especies de plantas medicinales identificadas para el territorio boliviano (Giménez & Ibisch 2003), representan el 13% de la diversidad entre especies de briófitas, pteridófitas y plantas vasculares estimadas para Bolivia (1.500 briófitas, Churchill 2003; 20.000 plantas vasculares, Ibisch & Beck 2003; 1.500-1.700 pteridófitas, Kessler 2003). El conocimiento Kallawaya en general reconoce alrededor de 900 especies, incluidas las introducidas (Girault 1987). El conocimiento individual de cada uno de ellos oscila entre 300 y 350 plantas medicinales (Girault 1987), de las cuales también se conoce su preparación y uso. Para la ilustración de la diversidad de plantas medicinales identificadas en el conocimiento tradicional, se han tomado en cuenta tres estudios y actuales desarrollados en distintas regiones ecológicas de los Andes y con pueblos originarios e indígenas distintos.

El primer estudio se refiere a las vendedoras (hierberas de origen Aymara, Figura 1) en mercados de plantas medicinales en las ciudades de La Paz y El Alto (Tabla 1, Macía *et al.* 2005), ubicadas a 3.600 m y 4.020 m respectivamente, en el departamento de La Paz. El segundo estudio se concentra en el conocimiento de médicos tradicionales de origen Quechua afiliados a AMETRAC (Asociación de Médicos Tradicionales) sobre plantas medicinales colectadas entre los 2.800 m y 3.600 m en el distrito de Apillapampa (departamento de Cochabamba, Vandebroek *et al.* 2003). Por último, consideramos el estudio publicado por CIPTA *et al.* (1999), en que participan personas pertenecientes a comunidades del grupo étnico Tacana, cuya área de recopilación de información etnobotánica abarcó serranías con alturas máximas de 1.700 m y 1.200 m hasta llanuras a 300 m, en la provincia Iturralde del departamento de La Paz.

Realizando una comparación de algunos parámetros del conjunto de estos tres estudios, se encuentra que las plantas medicinales están representadas por 102 familias de plantas vasculares y dos familias de plantas no vasculares, dando como resultado 422 especies. En el caso particular de las vendedoras (hierberas) de los mercados de plantas medicinales, ellas manejan alrededor de 129 especies de 56 familias (Macía *et al.* 2005); AMETRAC reconoce 171 especies de 54 familias (Vandebroek *et al.* 2003) y por último, los Tacanas utilizan 161 especies de 59 familias (CIPTA *et al.* 1999).

El estudio realizado en los mercados de plantas medicinales y el de AMETRAC coinciden en las cuatro primeras familias con mayor número de especies utilizadas: Asteraceae, Fabaceae-Papilionoideae, Solanaceae y Lamiaceae. Presumiblemente esto se debe a que los principales lugares de recolección son similares - prepuna y la puna -

Fig. 1: Puesto de venta de una vendedora de plantas medicinales (hierbera) en el mercado de plantas medicinales en la ciudad de La Paz. Foto: P. J. Vidaurre.

sin embargo, el número de especies en común para ambos estudios es 11.9% (Tabla 2). Estas especies de uso común permiten comparar su aplicación por los diferentes grupos étnicos que la utilizan. Mientras que el estudio realizado con la población Tacana, indica que las principales familias con mayor número de especies son Bignoniaceae, Moraceae, Piperaceae y Palmae; lo cual difiere de los dos primeros estudios. De igual modo, es evidente la diferencia que existe en cuanto a especies en común, ya que con el estudio en los mercados de plantas medicinales comparten el 2.1% y con el estudio de AMETRAC el 1.2% de especies. Los tres estudios en general solo comparten tres especies que representa el 0.7% del total de las especies identificadas (Tabla 3). Sin embargo, este bajo porcentaje debido a razones elocuentes como la vegetación existente en el lugar y al propio contexto étnico, señala aspectos interesantes en cuanto al intercambio de conocimiento entre etnias, debido a que una de estas especies, *Chenopodium ambrosioides*, tiene similar nombre vernacular en los tres estudios, que son paico, payco y paicu. También poseen una planta de similar nombre vernacular, que es la wira wira o huira huira que representa a tres diferentes especies, muy similares dentro de la familia Asteraceae, que son *Gnaphalium cheirantifolium*, *Achyrocline ramosissima* y *A. satureioides* con similar uso y preparación contra la afección de la tos.

Clasificación

En investigaciones sobre plantas medicinales es importante profundizar, acerca del sistema de clasificación (etnotaxonomía) que se utiliza y sobre el origen y significado del nombre vernacular que pueden tener connotaciones relevantes, como en el caso del paico y wira wira (mencionados anteriormente). De esta manera, Girault (1987) identificó que la diversidad de plantas Kallawayas no es únicamente nominal, sino que es un sistema empírico bastante fino que permite diferenciar plantas muy similares tanto dimensional como

Tabla 1: Plantas medicinales que sirven para atender aspectos relacionados a la mujer, ofertadas por las hierberas de las ciudades de La Paz y El Alto (en base a Macía *et al.* 2005).

Nombre científico	Nombre común	Uso relacionado a la mujer
Schinus molle	molle	Cuando muere el feto durante el embarazo
Foeniculum vulgare	hinojo	Aumenta la produccuón de leche en la madre lactante
Ambrosia arborescens	altamisa, marco	Aborto, retraso de la menstruación
Chrysanthemum coronarium	santa maría	Aborto, depura la menstruación
Mutisia orbignyana	kutu kutu	Cuando muere el feto durante el embarazo
Tagetes terniflora	chijchipa	Dolores post parto
Werneria villosa	jank'o warmi	Inflamción de la matriz
Ephedra rupestris	sanu sanu	Aborto, retraso de la menstruación
Anadenanthera colubrina	willka	Aborto, retraso de la menstruación
Lupinus bogotensis	k'ela	Aborto, depura la menstruación
Otholobium pubescens	bilia bilia, wallakay	Aborto, depura la menstruación, Problemas de la matriz
Lavandula latifolia	alusima	Dolores post parto, Problemas de la matriz
Ficus carica	hoja de higo	Aborto, retraso de la menstruación
Cortaderia sp.	sewenka	Aborto, retraso de la menstruación
Relbunium sp.	chapi	Inflamación de la matriz
Citrus sinensis	flor de azahar	Aborto, retraso de la menstruación
Dodonaea viscosa	chakhataya	Problemas de la matriz
Calceolaria buchtieniana	amay zapato	Dolores post parto
Brugmansia arborea	floripondio	Cuando muere el feto durante el embarazo

morfológicamente. Es una diferenciación vital, ya que en el caso de las plantas medicinales, el efecto terapéutico puede ser distinto de una variedad a otra de la misma especie (UICN *et al.* 1993), que denota una vez más la gran riqueza que tiene el conocimiento tradicional.

Por otro lado, la medicina tradicional clasifica las plantas medicinales de acuerdo a diferentes criterios como cálidas o frescas, género masculino o femenino al que pertenecen y otros aspectos descriptivos (Ureña 2001). Una de estas categorías pertenece a las plantas relacionadas al ámbito mágico-espiritual. Diferentes autores, como Macía *et al.* (2005) y Aguirre (2006) toman en cuenta esta categoría en sus estudios.

Procedencia

La procedencia de plantas medicinales está enlazada con el proceso de recolección, en que intervienen los conocimientos tradicionales como el reconocimiento de las condiciones naturales y la identificación del individuo hasta su forma de extracción y almacenamiento, proceso que oferta de un producto calificado para el uso medicinal. Estos aspectos son muy bien manejados por quienes se dedican a la identificación y extracción de plantas medicinales pues *conocen perfectamente el terreno, el lugar exacto donde crecen las plantas; saben cuál es el clima adecuado, así como el grado de humedad, la posición en relación al viento y la exposición al sol* (Girault 1987). Cuando se habla de los lugares de procedencia de las especies medicinales, se resalta también a los Kallawayas quienes a través de sus recorridos por extensas y variadas áreas del Altiplano, cordillera, Yungas y valles de los departamentos de La Paz, Cochabamba y Chuquisaca, así como de regiones tropicales

Tabla 2: Especies en común entre el estudio sobre los mercados de plantas medicinales y la asociación de médicos tradicionales (en base a Vandebroek *et al.* 2003 y Macía *et al.* 2005).

Nombre científico	**Nombre común en el mercado de plantas medicinales**	**Nombre común en la Asociación de médicos tradicionales**
Schinus molle	molle	molle
Ambrosia arborescens	altamisa, marco	altamisa, misa kuna
Baccharis genistelloides	charara, c., kimsa kkuchu.	kinsa k'uchu
Mutisia acuminata	chinchirkuma	chinchirkuma
Sonchus oleraceus	janapakho	leche leche
Xanthium spinosum	amorseco, anuch'api	choki ch'api, chokela
Brassica rapa	mostaza	mostaza
Capsella bursa-pastoris	bolsa bolsa	chuspa chuspa, corazonzoncillo
Dianthus caryophyllus	clavel, c. blanco	clavel
Echeveria sp.	congona	qonqona
Ephedra americana	cola de caballo	sano sano
Ephedra rupestris	sanu sanu	loma sano sano
Adesmia miraflorensis	espino	añawaya
Medicago sativa	alfalfa	alfalfa
Otholobium pubescens	billia	wallik'ia
Erodium cicutarium	aguja aguja, yuari yuari	januqara, aujilla,reloj reloj
Lepechinia meyenii	salvia	pampa salvia
Satureja boliviana	k'hoa	muña
Tripodanthus acutifolius	jamillo	llave
Malva parviflora	malva	k'ara malva
Hypseocharis cf. *pimpinellifolia*	wachanka	wachanqa
Passiflora mollissima	tumbo	tumbo
Kageneckia lanceolata	lloke	llok'e
Rosa sp.	rosa	rosa
Dodonaea viscosa	chakhataya	ch'akatea
Calceolaria buchtieniana	amay sapatu, zapato zapato	chinsa maleta
Cestrum parqui	andres wailla	andreswaylla
Solanum nitidum	lharpa, ñuñumaya	nunumia
Solanum tripartitum	kuti kuti	ochon qora

Similar nombre común de distintas especies	**Nombre científico en el mercado de plantas medicinales**	**Nombre científico en la Asociación de médicos tradicionales**
chilca, chillca	*Baccharis latifolia*	*Baccharis pentlandii*
santa maría	*Chrysanthemum coronarium*	*Chrysanthemum parthenium*
kiswara	*Buddleja coriacea*	*Buddleja tucumanensis*
ruda	*Ruta chalepensis*	*Ruta graveolens*

Tabla 3: Especies en común entre el estudio sobre los mercados de plantas medicinales, la asociación de médicos tradicionales y comunidades Tacanas (en base a CIPTA *et al.* 1999, Vandebroek *et al.* 2003 y Macía *et al.* 2005).

Nombre científico	**Nombre común en el mercado de plantas medicinales**	**Nombre común en la Asociación de médicos tradicionales**	**Nombre común en las comunidades Tacanas**
Opuntia ficus-indica	tuna, penca,	tuna tidha	tuna cactus, matusha
Chenopodium ambrosioides	paico	payco, yuraj payco	paicu, care
Equisetum giganteum	cola de caballo macho	cola de caballo	iba quedha
Similar nombre común de distintas especies	**Nombre científico en el mercado de plantas medicinales**	**Nombre científico en la Asociación de médicos tradicionales**	**Nombre científico en las comunidades Tacanas**
wira wira	*Gnaphalium cheiranthifolium*	*Achyrocline ramosissima*	*Achyrocline satureioides*

de la selva (Girault 1987), han identificado diversas plantas aptas para uso medicinal. Otra forma de proveerse de plantas medicinales son los huertos que poseen ciertas familias en determinados grupos étnicos (Aguirre 2006).

La procedencia de las plantas medicinales en actividades económicas de pequeños a micro empresarios y organismos no formales continúa siendo la recolección en sus hábitats naturales donde se desarrollan de forma silvestre (Vidaurre 2000, Fundación Bolivia Exporta 2004); esta situación ha diezmado las poblaciones naturales de varias especies (Fundación Bolivia Exporta 2004). Por lo que actualmente especies con valor económico importante, como la manzanilla (*Matricaria recutita*) o wira wira (*Achyrocline* spp.), entre otras, están siendo manejadas en cultivos particulares; un ejemplo de ello es el programa de Jardines Botánicos de los Kallawayas impulsado por SOBOMETRA.

Suministro

Generalmente las partes utilizadas de las plantas medicinales han sido principalmente las hojas (Girault 1987, Vidaurre 2000, Macía *et al.* 2005, Aguirre 2006), pero también se utilizan otras partes como las flores, frutos, semillas, raíces, corteza o en algunos casos la planta entera. De acuerdo a la parte de la planta que se utiliza y al síntoma que se debe atender, existen diferentes formas de suministro; las comúnmente utilizadas son las infusiones (mates), jugos (tónicos), emplastos, frotamientos, baños, y ceremonias mágico curativas (sahumerios, baños, llamada de ánimo; Alba *et al.* 1993, Vidaurre 2000, Macía *et al.* 2005). Generalmente cuando se utiliza una de estas formas de suministro, la planta medicinal va acompañada por otras especies de plantas o productos como la arcilla, miel de abeja, miel de caña, leche, por mencionar algunos de ellos (Vidaurre 2000, Macía *et al.* 2005). Es importante resaltar la existencia del manejo de una posología bastante precisa en la medicina tradicional que ayuda en la dosificación de los preparados de las distintas especies medicinales (Arrázola 1999). En ese sentido, (Girault 1987) califica a los Kallawayas como sorprendentes expertos en el plano estrictamente farmacológico.

Para complementar los aspectos anteriormente citados, es necesario identificar un proceso de suministro de plantas medicinales disfrazado como un elemento de

la vida cotidiana, que es la comida diaria. El alimento diario representa una forma de medicina preventiva al consumir determinados productos de los cuales se conoce sus propiedades medicinales. Esta forma de suministro se realiza tanto al momento de consumir el alimento del medio día o las bebidas calientes o frías que se toman en la mañana o a diferentes horas del día. Entre algunas de estas especies se puede mencionar diversos tubérculos, raíces, frutos, y hierbas cultivados o silvestres, como la quinua (*Chenopodium quinoa*), paico (*Ch. ambrosioides*), isaño (*Tropaeolum tuberosum*), k'ita tarwe (*Lupinus tatei*), toronjil (*Melissa officinalis*), k'hoa (*Satureja boliviana*), malva (*Malva parviflora*), llantén (*Plantago major*), hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), andrés wailla (*Cestrum parqui*), matico (*Piper elongatum*), tumbo (*Passiflora mollissima*), tuna (*Opuntia ficus-indica*) y la más utilizada – la hoja de coca (*Erythroxylum coca*) – que es consumida en forma de "acullicu" en diferentes momentos del día (el acullicu es el bolo de coca que se mantiene en la boca un tiempo prolongado y se hace girar mientras se extrae su sabor).

Acceso y oferta

La forma de ofertar las plantas medicinales a la población en general tiene diferentes presentaciones y lugares de acceso. En la ciudad de La Paz, la mayor diversidad de especies de plantas medicinales son ofrecidas por las hierberas (vendedoras) en el mercado de plantas medicinales (Figura 2). Por otro lado, las plantas medicinales más conocidas por la población pueden ser encontradas en diferentes puntos de la ciudad como mercados populares, herboristerías, supermercados o farmacias, en forma natural, comprimidos, jarabes, pomadas

Fig. 2: Plantas medicinales frescas exhibidas en los puestos de las vendedoras.Foto: P. J. Vidaurre.

o en bolsitas de té. Varios de estos productos elaborados con plantas medicinales que se encuentran en mercados populares son importados de Perú o Ecuador. También existen mercados populares especializados, como el de la hoja de coca o el *tambo de fruta*. Otra forma de acceder a las plantas medicinales es mediante los médicos tradicionales o naturistas, además de las materas (vendedoras quienes ofrecen jugos tonificantes y mates de plantas medicinales en zonas populares de comercio).

La demanda de las plantas medicinales genera un flujo económico entre el área rural y peri-urbana con las grandes ciudades. Aproximadamente son 300 especies las que son aprovechadas por unidades empresariales de diferente índole; entre éstas se consideran a pequeñas empresas y laboratorios artesanales domésticos que están agrupados a la institución SOBOMETRA (Fundación Bolivia Exporta 2004). Otras instituciones nacionales especializadas en productos medicinales y basados en la medicina tradicional son TERBOL, ALEPH, Laboratorio de Valencia, PROMENAT, INTI y FITOBOL cuyos productos son ofertados al mercado nacional e internacional (Fundación Bolivia Exporta 2004). Entre las empresas nacionales, podemos mencionar a Laboratorios AGRONAT S.A., cuya producción se basa en el uso sostenible de especies de plantas medicinales y aromáticas.

Aportes del conocimiento tradicional sobre plantas medicinales a la ciencia médica

En Bolivia, diferentes instituciones como el Instituto de Investigaciones Fármaco Fitoquímicas (IIFB), Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ) y el Instituto Boliviano de Biología de la Altura (IBBA) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), así como el Centro de Investigaciones Botánico Ecológicas (CIBE) y el Programa de Agroquímicos de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), contribuyen con la identificación de moléculas novedosas extraidas de plantas medicinales de conocimiento local. Sin embargo, dichos estudios han abarcado un porcentaje mínimo respecto al número de especies identificadas hasta el momento (Giménez & Ibisch 2003).

El aporte de la cultura Kallawaya a la ciencia médica desde siglos pasados tiene relevancia en la aplicación de prácticas tradicionales (Girault 1987). Los Kallawayas han influido fuertemente en otras culturas, a través de la transmisión del conocimiento del uso de plantas, por ejemplo han enseñado a los españoles el uso de especies tales como la quina (*Cinchona officinalis*), la genciana (*Gentiana lutea*), la ipecacuana (*Cephaelis ipecacuanha*), el bálsamo de Perú (*Myroxylon peruiferum*), el aceite de copaiba (*Copaifera officinalis*) y una infinidad de productos medicinales en base a hierbas, cortezas y minerales (Oblitas 1992). Actualmente, la ciencia médica refuerza el conocimiento tradicional respecto a las bondades de las plantas medicinales, logrando identificar las sustancias químicas con propiedades terapéuticas (Villanueva 1995).

Hoy en día se estima que el 40% de los productos farmacéuticos deriva de productos naturales y movilizan a nivel mundial alrededor de 20 billones de dólares americanos al año; también existen estimaciones que alcanzan los 800 billones de dólares americanos con una tendencia creciente (Ten Kate & Laird 1999, Giménez & Ibisch 2003). En este sentido, cada planta medicinal contenida en el conocimiento tradicional es un recurso genético con potencial para impulsar el desarrollo económico, que necesita estar enmarcado bajo criterios de sostenibilidad y equidad social.

A continuación mencionamos algunos estudios de caso realizados en Bolivia para combatir enfermedades de origen bacteriano, viral y fúngicas, entre otras, en que se refleja la importancia del uso de plantas medicinales en el avance de la medicina. Dentro de estas investigaciones bioquímicas y farmacológicas se encuentra la realizada por Quispe *et al.* (1995), evaluaron a ciertas especies de la familia

Asteraceae, reconocidas tradicionalmente por sus efectos antiofídicos. Según los resultados, estas especies tienen grandes posibilidades de ser validadas al no presentar niveles de toxicidad ni reportar efecto hemolítico. Bustamante *et al.* (1995) validaron la actividad antibacteriana de extractos de plantas medicinales reconocidas en la medicina tradicional de la Provincia de Capinota (departamento Cochabamba). De las diferentes especies estudiadas, *Schinus molle* (Anacardiaceae), *Phrygilanthus cuneifolius* (Loranthaceae), *Matricaria recutita* (Asteraceae) y *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae) presentaron actividad antibacteriana para tres especies de microorganismos: *Salmonella thipy*, *Staphylococcus aureus* y *S. epidermis* (Bustamante *et al.* 1995).

Analizando el tema de la malaria, que fue antiguamente tratada por indígenas andinos con la planta de la quina (*Cinchona* spp., Rubiaceae) por su efectividad ante esta enfermedad. Es a partir de 1820, cuando se extrae la quinina de la corteza de la planta, para utilizar este alcaloide en la preparación de medicamentos que combatan la enfermedad (Muñoz 1995). Sin embargo, un problema es el ritmo en que cada especie parásita está alcanzando resistencias a los antimaláricos y en muchas partes del mundo excede al ritmo de la disponibilidad de nuevos antimaláricos (Muñoz 1995). Es por esta razón que se continúan realizando estudios, como los de Rea (1995) enfocados sobre especies del género *Cinchona* y la presencia de diferentes isómeros de quinina, los cuales presentan resultados que dan posibilidades de nuevas aplicaciones medicinales contra la malaria. Adicionalmente, se han publicado trabajos sobre algunas decenas de especies vegetales con actividad antimalárica que aún no han sido objeto de estudios detallados (Callapa 1995, Rojas 1997, Muñoz *et al.* 2000, Oporto 2002, en Giménez & Ibisch 2003).

Para el caso de la leishmaniasis o lepra blanca existen estudios *in vitro* e *in vivo* que revelan información sobre el uso de plantas que combaten principalmente la leshmaniasis cutánea. Entre estos productos naturales activos se pueden citar alcaloides indólicos, harmaline y sus derivados, quinoleinas y chimaninas extraidas de *Galipea longiflora*, las bisbenzilisoquinoleinas, naftoquinonas como el lapachol y la plumbagina (Fournet 1995). En el caso de las moléculas chimaninas extraidas de la evanta (*Galipea longiflora*, especie reconocida por las etnias Tsimane' y Tacana), actualmente están contenidas en la patente franco-boliviana: US4209519/15/04/93, que excluyó a los grupos nativos que proporcionaron la información y las muestras vegetales que permitieron su descubrimiento, lo que no representaría una compensación suficiente en el caso de una aplicación industrial que genere beneficios económicos (Jacanimijoy 1998).

Se han realizado estudios *in vitro* contra el parásito *Trypanosoma cruzi* que causa la enfermedad de Chagas (Fournet 1995). Estos estudios contemplan el análisis de plantas medicinales como el lapacho o tajibo (*Tabebuia* sp.) del cual se ha extraído las naftoquinonas. De todos estos estudios en curso, pocos productos pasaron al estado clínico para tratar los pacientes infectados con Chagas (Fournet 1995). Otras especies vegetales, como *Dunalia brachyacantha* (Solanaceae) o *Amburana cearensis* (Fabaceae) presentaron actividad contra *Trypanosoma cruzi* (Bravo *et al.* 1999, 2001cit. en Giménez & Ibisch 2003).

Por otra parte, el Instituto Nacional del Cáncer incorporó en sus investigaciones a la farmacopea Kallawaya de Bolivia, analizando 60 especies de hierbas medicinales (en 30 familias botánicas) en busca de alternativas para tratar la enfermedad del virus de inmunodeficiente humano (VIH). El análisis consistió en comparar su toxicidad y actividad anti-VIH con el propósito de seleccionar especies para futuros aislamientos de compuestos activos que permitan descubrir nuevas drogas potenciales contra la enfermedad. Es así, que se seleccionaron 18 de

60 especies analizadas para este fin; algunas de ellas son utilizadas en la etnomedicina para tratar enfermedades de pulmón e hígado (Abdel-Malek *et al.* 1996). En diferentes estudios también está documentado más de un centenar de especies por su actividad antifúngica y otra diversidad de plantas con propiedades antiinflamatorias, ansiolíticas, antiulcerosas y cardiovasculares (Giménez & Ibisch 2003).

Finalmente se debe considerar que los anteriores trabajos de investigación son el resultado de la fusión del conocimiento tradicional con la ciencia moderna donde se benefician de los hallazgos. Por un lado, la ciencia moderna encuentra moléculas novedosas que combaten a determinadas patologías, acortando el tiempo en la búsqueda de recursos vegetales eficaces y reduciendo la inversión de recursos económicos. Por otro lado, la medicina tradicional es reconocida en otros ámbitos de la ciencia, por sus cuantiosos aportes de conocimientos tradicionales. Sin embargo, en situaciones particulares, en que estos trabajos de investigación han generado recursos económicos, la distribución de beneficios no ha sido equitativa, desconsiderando el aporte del conocimiento tradicional.

La hoja de coca

Un caso singular entre las plantas medicinales es la hoja de coca (*Erythroxylum coca*, figura 3), cuyo consumo tradicional empezó probablemente cuatro mil años sobre la costa del Pacífico (Sauvain 1995). Está asociada en territorio boliviano a partir de la cultura Tiwanacota (Mortimer *et al.* 1992) y ha continuando vigente en otras culturas, como la Aymara, Puquina, Chipaya e Inca. Considerada por todas ellas como una planta sagrada por las bondades que representa su consumo, lo cual ha ocasionado que esté sujeta a innumerables estudios científicos dentro las ramas más diversas. De esta manera, en 1860, se consagra como el principal medicamento de la farmacopea moderna, por sus propiedades estimulantes y analgésicas (Cajías 1995). Sin

Fig. 3: Presentación de la hoja de coca (*Erytroxylum coca*) en el mercado de coca de la ciudad de La Paz. Foto: P. J. Vidaurre.

embargo, actualmente se encuentra catalogada como ilegal por ser considerada perjudicial para la salud humana, declarada así por la ONU y colocada en la Lista I de sustancias prohibidas en 1961; pese a que existen varios estudios en los que se demuestra lo contrario, como el de Sauvain *et al.* 1997). Este hecho ha favorecido a empresas farmacéuticas transnacionales, que han producido compuestos sintéticos que ofrecen propiedades similares a las de *Erythroxylum coca*. Actualmente, revertir esta situación es un desafío del gobierno boliviano, pues se requiere contar con un producto reconocido internacionalmente por sus propiedades curativas en el mercado internacional, que a corto o mediano plazo pueden significar ventajas competitivas frente a otros países. Para ello, hay que tomar en cuenta, que se debe subsanar actuales problemas con la producción de coca en lo referente a la utilización de agroquímicos y degradación de hábitats naturales.

La reivindicación del cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) debe estar sujeta a la producción orgánica y sostenible, ofreciendo alternativas para darle valor agregado a sus productos. Para este fin se requieren elaborar normativas para el buen manejo de los cultivos, probablemente recuperando técnicas ancestrales, que permitían el cuidado de los suelos.

Conservación de las plantas medicinales

Si bien la medicina tradicional posee intrínsecamente una visión ecológica respecto al uso de plantas medicinales, favoreciendo su conservación, existen diversos factores que ponen en riesgo a las poblaciones silvestres de estas especies. Entre estos factores se pueden mencionar la alta recolección de plantas medicinales por satisfacer la demanda de pequeñas y micro empresas, además de la degradación de hábitats naturales, consecuencia de diferentes factores, como la expansión urbana y agrícola. El proceso de conservación va acompañado del conocimiento y continuo estudio de estas especies. Es así que, en la última década han existido avances en cuanto a la documentación sobre las farmacopeas tradicionales, sus evaluaciones químicas y biológicas. Sin embargo, considerando la biodiversidad existente en Bolivia y los conocimientos tradicionales asociados, estos trabajos resultan poco significativos y queda aún un enorme número de recursos vegetales por estudiar (Giménez & Ibisch 2003).

En este sentido, también se debe velar por la conservación de los conocimientos tradicionales, que sin duda, el medio por el cual se ha logrado conservar hasta la actualidad sus prácticas y saberes, ha sido la transmisión oral de conocimientos de una generación a otra. La ausencia de manuscritos antiguos en los que se haya sistematizado el uso de plantas medicinales y los rituales que las acompañan ha favorecido la disolución con el tiempo de algunos de ellos.

Girault (1987) indica que los Kallawaya transmiten sus conocimientos y el derecho a ejercer la medicina por afiliación exclusiva a los hijos varones, sin discriminación de edad. Sin embargo, también se dan otras formas de transmisión, como la que menciona Giménez (1996) respecto a la cultura Chacobo, que transmiten los saberes sobre plantas medicinales a nivel familiar, donde las mujeres comparten activamente estos conocimientos. En la comunidad de Asunción del Quiquibey, los indígenas Mosetén-Tsimane', también transmiten este conocimiento a nivel familiar, donde los abuelos y padres, en especial varones, son los protagonistas de este proceso (Aguirre 2006). Esta comparación permite identificar variaciones en el rol de género respecto a la transmisión de conocimientos y su conservación.

Por otro lado, la medicina tradicional indígena se encuentra muchas veces amenazada por la medicina facultativa, a través

de la salud pública, y las misiones evangélicas que llegan hasta sus territorios, que rechazaron y desvaloraron prácticas tradicionales medicinales, como la utilización de plantas o la realización de rituales. Es innegable que a través del tiempo exista un proceso de transformación de las culturas como entes de interacción e interrelación con el mundo; sin embargo estos cambios, como lo menciona Alba *et al.* (1993) impiden el desarrollo positivo de esos saberes y su pragmacidad. Es importante reflexionar acerca de la validación de los conocimientos tradicionales, ya que por lo general la ciencia moderna investiga moléculas activas de las plantas medicinales, sin tomar en cuenta en muchos casos la forma de cosecharlas, prepararlas y mezclarlas con otras plantas, como lo propone la medicina tradicional. Siendo que en estos procesos ocurren reacciones a nivel de los compuestos químicos vegetales. Hay que tomar en cuenta que la medicina tradicional además considera importante en la preparación del medicamento, los síntomas particulares del paciente para determinar las diferentes plantas y la técnica que se van a usar. Esta última actividad es comparable con los principios fundamentales de la homeopatía moderna, que considera a la individualidad de cada persona. Por lo que el conocimiento tradicional tiene un valor intrínsico que no depende de la validación de la medicina occidental.

Finalmente se recalca que las investigaciones sobre plantas medicinales son urgentes, debido a que sus propiedades terapéuticas contribuyen a mejorar la calidad de vida de la población. Para lo cual debe existir un trabajo conjunto entre equipos multidisciplinarios y los poseedores del conocimiento tradicional.

Referencias

Aguirre, G. 2006. Plantas medicinales utilizadas por los indígenas Moseten-Tsimane' de la comunidad de Asunción de Quiquibey, en la RB-TCO Pilón Lajas, Beni, Bolivia. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés. 49 p.

Alba, J.J., L. Tarifa & Los Jampiris de Raqaypampa. 1993. Los Jampiris de Raqaypampa. CENDA, Cochabama. 377 p.

Alexiades, M. 1999. Ethnobotany of the Esse Ejja: Plants, health, and change in an Amazonian society. Tesis de doctorado, The City University of New York, Nueva York. 464 p.

Andel-Malek, S., J.W. Bastien, W.F. Mahler, Q. Jia, M.G. Reinecke, W.E. Robinson Jr, Y. Shu, & J. Zalles-Asin. 1996. Drug leads from the Kallawaya herbalists of Bolivia. 1. Background, rationale, protocol and anti-VIH activity. J. Ethnopharmacol 50: 157-166.

Araucaria. 2004. Desarrollo en Apolobamba. Cultura Kallawaya. Editorial Ego & Sukini asociados, La Paz. 282 p.

Arauz, S. & M. Chiraye. 2001. Inventario preliminar de las plantas útiles en Isoso. Publicaciones Proyecto de Investigación CIDOB-DFID Santa Cruz (20): 1-163.

Arrázola, R. S. 1999. Diversidad etnobotánica y potencial etnofarmacológico de los valles secos de Cochabamba, Bolivia. Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. 94 p.

Beck, S.G., N. Paniagua & C. Paz. 1999. Potenciales de los recursos fitogenéticos nativos de Bolivia. pp 1-3. En: Ugarte, M.L., C. Villarroel & G. Aguirre (eds.). Segunda Reunión Boliviana sobre Recursos Fitogenéticos de Cultivos Nativos. Fundación PROINPA, Cochabamba.

Borgtoft, H., F. Skov, J. Fjeldsa, I. Schjellerup & B. Øllgaard. 1999. La gente y la biodiversidad. Dos estudios en comunidades de las estribaciones de los Andes en Ecuador. Centro para la Investigación de la Diversidad Cultural y Biológica de los Bosques Pluviales Andinos (DIVA). Ediciones Abya Yala, Quito. 203 p.

Bourdy, G. 2002. Plantas del Chaco II. Usos tradicionales Izoceño-Guaraní. Universidad Mayor de San Andrés/Fundación Kaa-Iya/IRD/CABI/WCS Bolivia/CYTED/OEA, Santa Cruz. 441 p.

Bravo, J., M. Sauvain, A. Giménez, E. Balanza, L. Serani, O. Laprévote, G. Massiot & C. Lavaud. 2001. Trypanocidal whitanolides and whitanolide glucosides form *Dunalia*

brachyacantha. Journal of Natural Products 64: 720-725.

Bravo, J., M. Sauvain, A. Giménez, V. Muñoz, J. Callapa, L. Le Men Oliver, G. Massiot & C. Lavaud. 1999. Bioactive phenolic glycosides from *Amburana cearensis*. Phytochemistry 50: 71-74.

Bustamante, Z., V. Montaño, O. Valdivia & A. Escalante. 1995. Actividad antibacteriana de extractos de plantas medicinales de valles bajos. PROFAC. Congreso Internacional de Medicina Alternativa, La Paz. 83 p.

Cajías, M. 1995. La coca en la historia de Bolivia, su uso en las épocas prehispánicas y colonial. Encuentro, Revista Boliviana de Cultura, Editorial Fundación BHN 5(11): 15-21.

Callapa, 1995. Quimioterapia experimental antimalárica *in vitro* e *in vivo* con productos naturales de especies vegetales del oriente boliviano. Tesis de licenciatura en Farmacia y Bioquímica, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Calvo, L. M. 2003. Diversidad cultural y principales actores en el aprovechamiento de la biodiversidad. pp.162-190. En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.

Churchill, S.P. 2003. Briófitas. pp 96-100. En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.

CIPTA, IRD & UMSA. 1999. Tacana. Conozcan nuestros árboles, nuestras hierbas. La Paz. 497 p.

De Lucca, M.F. 2004. Plantas medicinales del trópico boliviano. Programa de Apoyo a la Estrategia de Desarrollo Alternativo en el Chapare (PRAEDAC), Cochabamba. 192 p.

Fernández, G. 1999. Médicos y yatiris: salud e interculturalidad en el Altiplano aymara. Cuadernos de Investigación CIPCA 51 (La Paz): 1-276.

Fournet, A. 1995. Productos naturales anti-parasitarios, especialmente contra las leishmaniasis y la enfermedad de Chagas. ORSTOM. Congreso Internacional de Medicina Alternativa, La Paz. 121 p.

Fundación Bolivia Exporta. 2004. Diagnóstico sobre biocomercio en Bolivia y recomendaciones para la puesta en marcha del Programa Nacional de Biocomercio Sostenible, Ministerio de Desarrollo Sostenible, Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Dirección General de Biodiversidad, La Paz. 165 p.

Giménez, A. & P.L. Ibisch. 2003. Uso de la biodiversidad como recurso genético. pp. 313-323. En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.

Giménez, A. 1996. Diagnóstico sobre la información de plantas medicinales y de los pueblos que las manejan. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, La Paz. 60 p.

Girault, L. 1987. Kallawaya, Curanderos Itinerantes de los Andes. UNICEF-OPS-OMS, La Paz. 670 p.

Hinojosa, I., E. Uzquiano, J. Flores, N. Chávez, O Hurtado, E. Yabeta & I. Soria. 2001. Los Yuracaré: Su conocimiento experiencia y la utilización de Recursos Vegetales en el Río Chapare. IE-FONAMA, La Paz. 175 p.

Ibisch, P.L. & S. G. Beck. 2003. Espermatófitas. pp 103-112. En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.

Jacanimijoy, A. 1998. Iniciativas para la protección de los derechos de los titulares del conocimiento tradicional, las poblaciones indígenas y las comunidades locales. Documento presentado en la Mesa Redonda sobre Propiedad Intelectual y Pueblos Indígenas, Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Ginebra, 23 y 24 de Julio (http://www.wipo.org/spa/meeting/1998/indip/pdf/rt98_4e.pdf).

Kessler, M. 2003. Pteridófitas. pp 100-103. En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra.

Loza, C.B. 2005. Kallawaya. Reconocimiento mundial a una ciencia de los Andes. UNESCO, Viceministerio de Cultura de Bolivia, Fundación Cultural Banco Central de Bolivia (Editores), La Paz. 180 p.

Macía, M. J., E. García & P.J. Vidaurre. 2005. An ethnobotanical survey of medicinal plants comercialized in the markets of La Paz and El Alto, Bolivia. Jornal of Ethnopharmacology 97: 337-350.

Montes, F. s/a. Medicina tradicional medicina occidental. Revista Unitas La Paz (7).

Mortimer, W., P. Mantengazza, A. Mariani, J.A. Morales & R. Salvatierra. 1992. La hoja increíble. Editorial Transfer Latina, Cochabamba. 205 p.

Muñoz, V. 1995. Productos naturales de Latinoamérica contra la malaria. Congreso Internacional de Medicina Alternativa. Instituto Boliviano de Biología de Altura, La Paz. 125 p.

Muñoz, V., M. Sauvain, G. Bourdy, S. Arrázola, J. Callapa, G. Ruiz, J. Choque & E. Deharo. 2000. A search for natural bioactive compounds in Bolivia through a multidisciplinary approach Part III: Evaluation of antimalarial activity of plants used by Alteños Indians. Journal by Ethnofarmacology 71: 123-131.

Nate, A., D. Ista & V. Reyes. 2001. Plantas útiles y su aprovechamiento en la comunidad Tsimane' de Yaranda. Proyecto de Investigación de Recursos Naturales CIDOB-DFID Santa Cruz (23): 1-137.

Oblitas, E.P. 1992. Plantas medicinales de Bolivia. Farmacopea Callawaya. Ed. Los Amigos del Libro, La Paz. 529 p.

Oporto, P. 2002. Evaluación de la actividad antiparasitaria de extracto de plantas de la etnia Guaraní: estandarización de métodos de ensayos *in vitro* de actividad de drogas antipalúdicas sobre cultivos de *Plasmodium falciparum*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas y Biomédicas, Mención Parasitología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Paniagua, N. 2001. Guía ilustrada de plantas leñosas útiles de la comunidad San José de Uchupiamonas (Provincia Abel Iturralde, Departamento de La Paz, Bolivia). Herbario Nacional de Bolivia, La Paz. 300 p.

Quispe, M. E., L. Vino & R. Carvajal. 1995. Modelo para el estudio de plantas con actividad antiofídica. Congreso Internacional de Medicina Alternativa, SELADIS, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 81 p.

Rea, L. 1995. *Cinchona* y la tribu Cinchonae (Rubiaceae) en Bolivia. Actualización sistemática, fitoquímica y actividad antimalárica. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 183 p.

Rojas, I. 1997. Estudio fotoquímico biodirigido por pruebas antimaláricas *in vitro* y determinación de la citotoxicidad de *Calcuta grandiflora* y *Quaela paraensis*. Tesis de Licenciatura en Bioquímica, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Sauvain, M. 1995. Usos de la hoja de coca y salud pública. ORSTOM-IBBA. Congreso Internacional de Medicina Alternativa, La Paz. 153 p.

Sauvain, M., C. Rerat, C. Moretti, E. Sarayia, S. Arrázola, E. Gutierrez, A.-M. Lema & V. Muñoz. 1997. A study of the chemical composition of *Erythroxylum coca* var. *coca* leaves collected in two ecological regions of Bolivia. Jornal of Ethnopharmacology 56: 179-191.

Ten Kate, K. & S.A. Laird. 1999. The commercial use of biodiversity. Access to genetic resources and benefit-sharing. Earthscan, Londres. 398 p.

UICN- OMS -WWF. 1993. Directrices sobre conservación de plantas medicinales. Organización Mundial de la Salud (OMS). Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) and World Wildlife Fund (WWF), Gland. 55 p.

Ureña, C. 2001. Diversidad, clasificación y uso de plantas medicinales en la comunidad de Apillapampa de la provincia Capinota del departamento Cochabamba. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. 106 p.

Vandebroek, I., E. Thomas & AMETRAC. 2003. Plantas Medicinales para la atención primaria de la salud. El conocimiento de ocho médicos tradicionales de Apillapampa (Bolivia). Industrias Gráficas Serrano, Cochabamba. 318 p.

Ventura, E., O. Kaiser & E. Ponz. 1999. Estudio etnobotánico de plantas medicinales en las

etnias Ese-Ejjas y Yaminahuas del Dpto. Pando. Universidad Amazónica de Pando. Centro de Investigación y Preservación de la Amazonía, PPD/PNUD – LIDEMA, Cobija. 103 p.

Vidaurre, P.J. 2000. Plantas utilizadas como medicina, vendidas en la ceja de la ciudad de El Alto (La Paz, Bolivia). Pasantía de Investigación, Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 35 p. No publicado.

Villanueva, V. R. 1995. El oro verde de nuestra América India. Instituto de culturas prehispánicas y colonial. Encuentro revista boliviana de cultura. Editorial, Fundación BHN 5(11): 15-21.

Zalles, J. & M. De Lucca. 1996. Ñana Mya Nanderëta Rupigua. Plantas medicinales de nuestro territorio. Tomo I, Enfermedades más importantes del Chaco. Ed. Salamandra Srl, La Paz. 116 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 285-293.

Plantas medicinales de los Andes ecuatorianos

Carlos E. Cerón Martínez

Herbario Alfredo Paredes (QAP), Escuela de Biología de la Universidad Central del Ecuador
Ap. Postal 17.01.2177. Quito, Ecuador.
email: carlosceron57@hotmail.com, cecm57@yahoo.com

Abstract

From 1995 to present extensive botanical collections and ethnobotanical interviews were conducted in protected areas, remnant forests, and farms through the Ecuadorian Andes and the inter-Andean valley. The present study includes ethnobotanical data gathered on unpublished botanical surveys at the Alfredo Paredes (QAP) herbarium in Quito and collections made by C. Cerón and collaborators. This study reports 432 medicinal plant species; 273 from local markets and 255 wild plants of which 92 species are recorded from both sources. For food purposes herbs treat 77 illnesses while wild species are applied for 74. The most common illness treated are inflammation, cleansing, hot baths, digestion, and nervousness. Among the herbs species 178 are native, 83 are introduced, and 12 are endemic. The wild species include 199 native, 43 introduced, and 13 endemics.
Key words*:* Medicinal plants, Local markets, Andes, Ecuador.

Resumen

Desde el año 1995 hasta la actualidad se viene realizando colecciones botánicas y encuestas etnobotánicas en los Andes ecuatorianos, los estudios incluye áreas naturales, parches de bosque, chacras y hierberías de diferentes mercados de las capitales de provincia del callejón interandino ecuatoriano. Para el presente documento se ha extraido información etnomédica de las publicaciones de etnobotánica del autor, así como la transcripción de la información depositada en los catálogos y etiquetas de las muestras del herbario Alfredo Paredes (QAP), colecciones de Cerón y colaboradores que aún no se ha publicado. Se da a conocer 432 especies medicinales, 273 que corresponde a las que se expenden en las hierberías de los mercados y 255 silvestres, 92 se comparten entre las de mercado y silvestres. Las especies de las hierberías tratan 77 dolencias y las silvestres 74, las dolencias mas comunes en los dos casos es la inflamación, limpiados, baño caliente, estomacal, circulación, nervios, resfrío, cicatrizante y aromática. Entre las especies de las hierberías, 178 son nativas, 83 introducidas y 12 endémicas, mientras que de las silvestres 199 son nativas, 43 introducidas y 13 endémicas.
Palabras clave: Plantas medicinales, Mercados locales, Andes, Ecuador.

Introducción

El afán por conocer y dar a conocer las bondades de las plantas medicinales, así como las diferentes afecciones que curan ha sido un tema tratado desde que la humanidad existe, pues existe bibliografía que lo documenta. Algunos documentos son catálogos de plantas medicinales respaldados con sus respectivas colecciones botánicas y referencias bibliográficas (Cowan Ford 1971) o incluyen revisiones de uso medicinal a nivel mundial (Lewis & Elvin-Lewis 1977), también puede encontrarse como parte de obras o tratados más generales (Garcilazo de la Vega El Inca 1971, Cárdenas 1989) u obras de carácter hoy en día tradicional (García-Barriga 1992).

La información sobre plantas medicinales de los Andes ecuatorianos se ha difundido de diferentes maneras, desde la conquista española y su influencia en nuestras culturas, parte de la influencia de esta cultura colonizadora ha incluido también el uso de especies vegetales ampliamente cultivadas en Europa y en el resto del continente americano como es el caso de la manzanilla, el toronjil, romero, entre otras. Si bien la información sobre plantas medicinales se

puede encontrar en varias referencias bibliográficas (Cordero 1911, Varea 1922, Velasco 1946, Acosta-Solís 1971, 1992, White 1982, Pompa 1983, Bianchi 1984, Girault 1987, Ortega 1988), la antigüedad de las mismas y su patrón de presentación parecería que después de algunas publicaciones originales el resto de autores se dedicaron a transcribir dicha información y también un aspecto preocupante es la transcripción de nombres en ocasiones sin citas bibliográficas y sin comprobantes botánicos. Es común en nuestro medio –tanto a nivel regional como en espacios menores de terreno– un mismo nombre común es aplicado a diferentes especies botánicas, por influencia de las diferentes nacionalidades indígenas y otros factores. Un ejemplo es el caso del matico en el Ecuador, que al encuestar y colectar las especies a lo largo de todo el callejón interandino, se registraron 14 especies diferentes, siendo las más conocidas *Piper aduncum* (Piperaceae), *Aristeguietia glutinosa* (Asteraceae) y *Lepechinia betonicifolia* (Lamiaceae) (Cerón 1999a).

En este aporte se dan a conocer nombres comunes y las afecciones tratadas de las plantas medicinales que se expenden en las hierberias de diferentes mercados en las capitales de provincia de los Andes ecuatorianos. También se refieren las especies silvestres que crecen y algunas se cultivan sobre los 2.000 m en los Andes ecuatorianos. La información está respaldada por publicaciones realizadas especialmente bajo la temática de etnobotánica, así como la cita de sus respectivas colecciones botánicas depositadas en el herbario Alfredo Paredes (QAP) de la Escuela de Biología, Universidad Central del Ecuador.

Área de estudio

Los Andes ecuatorianos por encima de los 2.000 m de altitud constituyen parches de bosques naturales entre páramos, algunas áreas protegidas en el sistema nacional de áreas protegidas y otras bajo distinta jurisdicción administrativa. Además se tienen áreas de cultivos y vegetación remanente, valles secos a lo largo del callejón interandino, siendo geológica y florísticamente diferentes el norte y centro de los andes ecuatorianos comparado con el sur. Se extiende desde la latitud 00°48'N - 04°52'S y alrededor de la longitud 78° y 79°, mientras que altitudinalmente la vegetación se extiende hasta el límite con la nieves perpetuas sobre los 4.500 m de altitud.

Métodos

Desde el año 1995 hasta la actualidad se vienen realizando colecciones botánicas y encuestas etnobotánicas a lo largo de diferentes regiones naturales del Ecuador. Además de estos estudios, se han realizado encuestas y obtención de material botánico para su verificación taxonómica en las diferentes hierberías de mercados en las capitales de provincia de los Andes ecuatorianos. Durante 20 años de trabajo de campo y la realización de 10.000 colecciones de plantas se ha documentado con información etnobotánica. Sin embargo y debido a diversas causas, ese conocimiento no ha sido procesado ni identificado a nivel de especie en más del 50%, por lo que se espera seguir avanzando tanto en su identificación como en elaboración de una base de datos. Para el presente documento, se extrajo la información etnomédica de publicaciones sobre etnobotánica andina (Cerón 1993, 1994, Cerón *et al.* 1994, Cerón & Montesdeoca 1994, Cerón 2002a, 2002b, Cerón & Montalvo 2002, Cerón & Quevedo 2002), publicaciones referidas a las plantas medicinales de los mercados del Ecuador, tanto como resúmenes y memorias de jornadas y congresos (Cerón & Reina 1996, Montalvo & Cerón 2003), así como la transcripción de información depositada en catálogos y etiquetas de las muestras del herbario QAP de la colección de Cerón y colaboradores de los mercados, que aún no se ha publicado. Los nombres científicos y abreviación de los autores en los mismos, así

como la determinación de las plantas nativas, introducidas y endémicas se realizó en base al Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jørgensen & León-Yánez 1999).

Resultados

Entre las especies vegetales que se expenden en las hierberías de mercados en las capitales de provincia de los Andes ecuatorianos y las especies silvestres suman 432 medicinales, siendo 92 compartidas entre las de mercado y las silvestres (Tabla 1). En las plantas de los mercados se incluye no solamente a las plantas cultivadas en los Andes, sino también a algunas plantas de procedencia amazónica, tropical o fuera del Ecuador, que son comercializadas parcialmente o desecadas en los mercados, mientras que en las plantas silvestres también se incluyen a algunas cultivadas e introducidas, cerca a los remanentes de bosque y que las personas utilizan.

La tabla 1 presenta 132 especies (36.6 %), las mismas que tratan de tres afecciones en adelante. Incluye cinco columnas: La primera desde la izquierda está ordenada alfabéticamente, de acuerdo a los nombres científicos, la segunda columna carece de orden alfabético y corresponde a los nombres comunes, la tercera y cuarta incluye en forma abreviada la primera letra: M (especies medicinales de los mercados), S (especies medicinales silvestres) y la quinta señala a las afecciones que trata la planta.

Plantas medicinales que se expenden en las hierberías de los mercados

Las 273 especies tratan 77 dolencias, según el número de especies que incluye cada dolencia tratada. El orden de importancia para las primeras nueve categorías medicinales con mayor número de especies es el siguiente: 104 especies para inflamación, 73 limpiados, 36 baño caliente, 35 estomacal, 33 circulación, 30 nervios, 20 aromática, 19 baño posparto y 18 corazón, tos, resfrío, el resto de dolencias incluye de 1-13 especies (Tabla 1).

Plantas medicinales silvestres

Se registraron 255 especies, de las cuales 199 (78%) son nativas, 43 (16.7%) introducidas y 13 (5.1%) endémicas (Tabla 1). Las 255 especies curan 74 dolencias, según el mayor número de especies que incluye nueve dolencias tratadas el orden de importancia es el siguiente: 80 para la inflamación, 32 circulación, 29 estomacal, 28 limpiados, 16 resfrío, 14 cicatrizante, 13 aromática, 12 cefalea, baño posparto y 11 fortificante, tos; el resto de dolencias incluye de 1-9 especies (Tabla 1).

Sobre algunas dolencias

Como ya se mencionó, se ha tratado de mantener la información y nombres como lo señalan los informantes, sin embargo para algunas dolencias es importante detallar de qué se tratan en Ecuador:

Inflamación

La mayoría se refiere a problemas de hígado y de riñones; también en menor proporción a inflamaciones externas de la piel producidas por golpes u otros factores. Es común que en el Ecuador se destine una gran cantidad de plantas para preparar bebidas que tienen la finalidad de desintoxicar el hígado y riñones, inclusive es parte cultural de algunos pueblos como los del sur del Ecuador (Azogues, Cuenca y Loja), donde se bebe hasta por costumbre la llamada horchata, que es una bebida color rosa preparado con pétalos, raíces, tallos y hojas de más de 20 especies vegetales diferentes.

Circulación

Se refiere a problemas con la sangre, la cual se manifiesta en presencia de espinillas, paño en la cara y otras manifestaciones, para

Tabla 1: Plantas medicinales de los mercados y silvestres en los Andes del Ecuador. Abreviaciones: * = Endémica, M = Plantas medicinales de mercados, S = Plantas medicinales silvestres.

Nombre Científico	Nombre Común	M	S	Afección que trata
Aa maderoi Schltr.	Curiquingue		X	Posparto
Abutilon ibarrense Kunth	Hoja blanca		X	Inflamación
Acacia macracantha Humb. & Bonpl. ex Willd.	Uña de gato	X		Riñón
Acacia melanoxylon R. Br.	Eucalipto	X		Baño caliente
Achillea millefolium L.	Achillea		X	Diarrea, empacho
Achyrocline alata (Kunth) DC.	Lechuguilla	X	X	Lastimados, tos
Adiantum concinnum Humb. & Bonpl. ex Willd.	Culantrillo		X	Desarreglo, menstrual
Adiantum poiretii Wikstr.	Culantrillo	X	X	Circulación, inflamación, gripe
Aetheolaena patens (Kunth) B. Nord.	Apapuchilca		X	Inflamación
Agave americana L.	Cabuyo negro		X	Gripe, tos, reumas, artritis, Corazón, estomacal, resfrío
Ageratina pseudochilca (Benth.) R.M. King. & H. Rob.	Pince		X	Inflamación, golpes, cicatrizante
Ageratum conyzoides L.	Pedorrera	X		Estomacal
Agrostemma insignis L.	Oreja de burro	X		Resfrío
Allium ?	Ajo macho	X		Várices
Allium sativum L.	Ajo		X	Tos
Alloplectus ichthyoderma Hanst.	Nono		X	Cólico menstrual
Alnus acuminata subsp. *acuminata*	Aliso	X		Cicatrizante, limpiados, lisiados, baño caliente
Aloe vera (L.) Burm. f.	Sábila	X	X	Inflamación, caída cabello
Alonsoa meridionalis (L. f.) Kuntze	Guargalla	X	X	Limpiados
Aloysia scorodonioides (Kunth) Cham.	Cardiaca	X		Nervios, corazón
Aloysia triphylla (L' Hér.) Britton	Cedrón	X		Aromática, estomacal, presión, corazón, nervios, inflamación
Alternanthera porrigens (Jacq.) Kuntze	Moradilla	X		Inflamación, circulación, purgante, gripe, desarreglo menstrual
Amaranthus caudatus L.	Sangoracha	X		Antifebril, circulación, inflamación, Nervios, resfrío, desarreglo menstrual
Ambrosia arborescens Mill.	Marco	X	X	Cefalea, sarna, reumas, limpiados baño caliente, baño vaginal, insecticida, circulación, sarpullido
Apium graveolens L.	Apio	X		Inflamación, estomacal, desarreglo menstrual, presión, resfrío
* *Aristeguietia glutinosa* (Lam.) R.M. King & H. Rob.	Matico	X	X	Inflamación, resfrío, baño vaginal, baño posparto, cicatrizante, rascabonito, baño caliente, úlceras, cáncer
Artemisia absinthium L.	Ajenjo	X		Bilis, inflamación, presión, diabetes, quemar grasa, estomacal, cefalea, colesterol, cálculos, buen aliento
Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg	Frutepan	X		Diabetes, colesterol, quemar grasa
Baccharis genistelloides (Lam.) Pers.	Tres filos		X	Anestesia, estomacal
Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	X	X	Reumas, inflamación, limpiados Baño caliente, cicatrizante
Bidens andicola Kunth	Niachag		X	Estomacal, granos, pañalitis, ictericia
Borago officinalis L.	Borraja	X		Antifebril, tos, gripe, baño caliente, circulación
Bromus catharticus Vahl	Ashcomicuna		X	Empacho, diarrea, circulación
* *Brugmansia aurea* Lagerh.	Floripondio	X		Inflamación, limpiados, baño caliente, baño posparto
Buddleja incana Ruiz & Pav.	Quishuar		X	Desintería, baño caliente, baño posparto, antifebril
Campyloneurum cochense (Hieron.) Ching	Calaguala		X	Inflamación, circulación, fortificante

Nombre Científico	Nombre Común	M	S	Afección que trata
Centaurium erythraea Rafn	Canchalagua	X		Estomacal, circulación, inflamación, espinillas, gripe
Cestrum peruvianum Willd. ex Roem. & Schult.	Saúco	X		Caspa, resfrío, limpiados, baño caliente
Cestrum tomentosum L. f.	Saúco	X		Limpiados, baño caliente
Chenopodium ambrosioides L.	Paico	X	X	Tónico, antiparasitario, cefalea, tónico cerebral,
Chuquiraga jussieui J.F. Gmel.	Chuquiragua	X	X	Estomacal, dolor molar, inflamación, gripe, circulación, paludismo, ciabetes, resfrío, tos, sarampión,
Citrus maxima (Rumph. ex Burm.) Merr.	Naranja	X		Aromática, estreñimiento, gases, baño caliente
Clinopodium nubigenum (Kunth) Kuntze	Sunfo		X	Fortificante, estomacal, inflamación
Cocos nucifera L.	Coco	X		Reumas, flujo, hemorragias, limpiados
Coriandrum sativum L.	Culantro	X		Cólico menstrual, presión, estomacal
* *Croton elegans* Kunth	Mosquera		X	Inflamación, dolor molar, cicatrizante, amigdalitis, verrugas, baño vaginal, limpiados
Croton lechleri Müll. Arg.	Sangre		X	Cicatrizante, inflamación, gastritis
Cupressus macrocarpa Hartw.	Ciprés	X		Anticaspa, artritis, baño caliente, baño posparto
Cymbopogon citratus (DC.) Stapf	Hierba Luisa	X		Aromática, presión, nervios, inflamación, ictericia
Cynara cardunculus L.	Alcachofa	X		Inflamación, cefalea, bilis, diabetes, quemar grasa, colesterol
Dianthus caryophyllus L.	Clavel	X		Nervios, inflamación, antifebril, gripe
Drymaria ovata Willd. ex Schult.	Guarmipoleo	X		Estomacal, bronquitis, pasmo, inflamación
Equisetum bogotense Kunth	Caballochupa		X	Inflamación, golpes, circulación
Equisetum giganteum L.	Caballochupa	X		Inflamación, cáncer, tos
Eriobotrya japonica (Thunb.) Lindl.	Níspero	X		Inflamación, quemar grasa, nervios, cáncer
Erysimum cheiri (L.) Crantz	Alelí blanco	X		Nervios, inflamación, tos, corazón
Erythroxylum coca Lam.	Coca	X		Reumas, dolor ocular, dolor auditivo
Escallonia myrtilloides L. f.	Puzo		X	Circulación, baño posparto
Eucalyptus citriodora Hook. f.	Eucalipto	X		Tos, gripe, bronquitis, baño caliente, baño posparto, limpiados
Eucalyptus globulus Labill.	Eucalipto	X		Limpiados, baño caliente, resfrío, gripe, baño posparto
Ficus carica L.	Higo	X		Circulación, estomacal, baño posparto
Foeniculum vulgare Mill.	Eneldo	X		Estomacal, inflamación, lactancia, diabetes, aromática, baño caliente
Gamochaeta americana (Mill.) Wedd.	Lechuguilla		X	Cicatrizante, conjuntivitis, circulación
Hypochaeris sessiliflora Kunth	Achicoria	X		Antiparasitario, inflamación, bilis
Ilex guayusa Loes.	Guayusa	X		Aromática, fortificante, reumas, inflamación
Iresine celosioides L.	Escancel	X		Antifebril, fortificante, inflamación, próstata
Juglans neotropica Diels	Nogal	X	X	Resfrío, caída cabello, reumas, cefalea, baño caliente, baño vaginal, fortificante, limpiados
Lasiocephalus ovatus Schltdl.	Arquitecta	X		Inflamación, úlcera, próstata
Lavatera arborea L.	Malva	X		Inflamación, cáncer, inflamación
Lepechinia bullata (Kunth) Epling	Matico	X		Hígado, inflamación, úlcera
* *Lepechinia rufocampii* Epling & Mathias	Salvereal	X		Inflamación, baño caliente
Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze	Niguita	X		Varicela, sarampión, circulación
Matricaria recutita L.	Manzanilla	X		Estomacal, aromática, lavado vaginal, ojos irritados, inflamación

Nombre Científico	Nombre Común	M	S	Afección que trata
Matthiola incana (L.) R. Br.	Alelí morado	X		Inflamación, nervios, estomacal, tos, corazón
Maytenus macrocarpa (Ruiz & Pav.) Briq.	Chuchuhuaso	X		Estomacal, inflamación, reumas, várices, limpiados
Medicago sativa L.	Alfalfa	X	X	Fortificante, anemia, hemorragia, cefalea, hemorragia
Melissa officinalis L.	Toronjil	X		Nervios, cefalea, corazón, estomacal, hemorragia, aromática
Mentha pulegium L.	Menta	X		Estomacal, aromática, antiparasitario, limpiados
Mentha spicata L.	Hierba buena	X	X	Aromática, estomacal, cefalea, circulación, antiparasitaria, limpiados, próstata
Mentha x piperita L.	Menta	X		Estomacal, fortificante, tos, aromática, presión
Miconia crocea (Desr.) Naudin	Colca	X		Inflamación, baño posparto, parto
Minthostachys mollis (Kunth) Griseb.	Tipo	X	X	Tos, gripe, aromática, dolor molar, Estomacal, diarrea, limpiados
Morella parvifolia (Benth.) Parra-O.	Laurel	X	X	Baño caliente, resfrío, baño posparto limpiados
Morella pubescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Laurel cera	X		Aromática, baño caliente, limpiados, baño posparto
Muehlenbeckia tamnifolia (Kunth) Meisn.	Angoyuyo	X		Inflamación, baños calientes, dolor de muela, baño posparto
Nasturtium officinale R. Br.	Berro		X	Inflamación, fortificante, hemorragia
Niphidium crassifolium (L.) Lellinger	Calaguala	X		Inflamación, circulación, corazón
Ocimum campechianum Mill.	Albaca	X		Estomacal, baño caliente, nube ocular, cólico menstrual, baño posparto, aromática
Ocotea quixos (Lam.) Kosterm.	Ishpingo	X		Pasmo, limpiados, aromática,
* *Oreopanax ecuadorensis* Seem.	Pumamaqui	X		Resfrío, baño caliente, baño posparto, limpiados
Origanum vulgare L.	Orégano	X		Ictericia, estomacal, cólico menstrual
Origanum x majoricum Camb.	Mejorana	X		Estomacal, dolor de parto
Otholobium mexicanum (L. f.) J.W. Grimes	Trinitaria	X	X	Estomacal, diarrea, aromática, tirisia, limpiados
Oxalis lotoides Kunth	Ocayuyo		X	Inflamación, granos, resfrío, estomacal
Papaver rhoeas L.	Amapola	X		Nervios, circulación, cefalea, limpiados
Passiflora ligularis Juss.	Granadilla	X		Antifebril, inflamación, antiparasitario
Pelargonium x hortorum L.H. Bailey	Toronjil castilla	X		Nervios, hemorragias, estomacal, riñón, infección vaginal, baño caliente, aromáticas
Pelargonium odoratissimum (L.) L'Hér.	Malva olorosa	X		Inflamación, estomacal, aromática, nervios, corazón,
Peperomia galioides Kunth	Tigresillo	X		Limpiados, bilis, estomacal, antifebril
Peperomia inaequalifolia Ruiz & Pav.	Congona	X		Dolor auditivo, bilis, antiparasitario, antisudorífico, limpiados, aromática, insomnio, inflamación
Peperomia peltigera C. DC.	Pataconyuyo		X	Inflamación, antifebril, corazón
Peperomia rotundata Kunth	Congona		X	Estomacal, chuchaqui, circulación
Perezia multiflora (Bonpl.) Less.	Escorzonera	X		Antifebril, gripe, inflamación
Petroselinum crispum (Mill.) A.W. Hill	Perejil	X		Corazón, tiricia, nervios, hemorragia
Physalis peruviana L.	Uvilla	X		Sarampión, varicela, quemar grasa
Piper aduncum L.	Matico lojano	X		Cicatrizante, inflamación, úlcera
Piper carpunya Ruiz & Pav.	Guabiduca	X		Pasmo, baño caliente, diabetes, inflamación
Poterium sanguisorba L.	Pimpinela	X		Nervios, corazón, diarrea, cólico menstrual, gases, inflamación

Nombre Científico	Nombre Común	M	S	Afección que trata
Rosmarinus officinalis L.	Romero	X		Baño posparto, baño caliente, anti caspa, fortificante, inflamación, limpiados
Rumex obtusifolius L.	Pacta		X	Cefalea, antifebril, nacidos, dolor molar, inflamación
Ruta graveolens L.	Ruda	X		Limpiados, baño posparto, cólico menstrual, circulación, desarreglo menstrual
Salvia rumicifolia Kunth	Salvereal	X		Reumas, artritis, baño caliente, Parálisis, pasmo, resfrío, tos
Salvia sagittata Ruiz & Pav.	Matico		X	Úlcera, cicatrizante, cefalea, estomacal
Salvia scutellarioides Kunth	Callanayuyo		X	Cicatrizante, manchas piel
Sambucus nigra L.	Tilo	X		Tos, resfrío, bronquitis, nervios
Schinus molle L.	Molle	X		Baño posparto, baño caliente, inflamación, limpiados
Senna multiglandulosa (Jacq.) H.S. Irwin & Barneby	Chinchín	X		Cáncer, inflamación, limpiados
Smilax aff. *kunthii* Killip & C.V. Morton	Zarzaparrilla		X	Inflamación, próstata, menopausia
Solanum nigrescens M. Martens & Galeotti	Hierba mora	X	X	Mal aviar, gripe, cefalea, paludismo, Antiparasitario, Inflamación, Ictericia, Limpiados, antifebril
Sonchus oleraceus L.	Cashacerraja	X		Estomacal, vorazón, nervios, Circulación, ictericia
Tanacetum parthenium (L.) Sch.Bip.	Santa María	X		Limpiados, artritis, baño caliente
Taraxacum officinale Weber	Taraxaco	X		Inflamación, circulación, diarrea, estreñimiento
Thymus vulgaris L.	Tomillo	X		Estomacal, inflamación, resfrío
Urtica dioica L.	Ortiga chagra	X		Nervios, cefalea, bronquitis, circulación, artritis, limpiados, inflamación
Urtica leptophylla Kunth	Ortiga macho	X	X	Fortificante, artritis, circulación, inflamación, limpiados, cefalea, corazón, nervios, resfrío
Valeriana tomentosa Kunth	Chilpalpal	X		Gastritis, úlcera, limpiados, Estomacal, cicatrizante
Verbena litoralis Kunth	Verbena	X	X	Ictericia, antiveneno, antifebril, circulación, antiparasitaria gripe, diabetes, calvicie, artritis
Vicia andicola Kunth	Sacha alverjilla	X		Gases, corazón, nervios
Vicia sp.	Alverjilla		X	Inflamación, lisiados, corazón
Viola odorata L.	Violeta	X		Tos, gripe, bronquitis

228 especies vegetales de uso y comercio medicinal en el Ecuador (Buitrón 1999).

Conclusiones y recomendaciones

Las cifras de las especies medicinales registradas tanto en las hierberías de los mercados como las silvestres es similar (273 y 255). Sin embargo, para el caso de las silvestres las cifras puede variar debido a que mucha información de las colecciones botánicas no ha sido aún procesada. Tampoco se ha realizado un inventario exhaustivo sobre plantas medicinales de los Andes ecuatorianos. Se recomienda continuar con el levantamiento de la información etnomédica, especialmente en las áreas protegidas de los Andes del Ecuador que aún guardan bosques en buen estado como son los parques nacionales Llanganates, Sangay, Reservas Ecológicas Cotacachi-Cayapas, Cayambe-Coca; así como los bosques protectores y reservas más pequeñas.

contrarrestar estas dolencias las hierberías preparan paquetes de 6-10 plantas para "dulcificar la sangre".

Baño posparto

El proceso de restablecimiento en las mujeres después del parto e integrarse a las actividades normales de trabajo y la vida diaria va acompañado de baños realizados con ciertas plantas que van a limpiar eliminando impurezas y estimulando la recuperación.

Baño caliente

Generalmente se trata a las personas que sufren de resfríos, tos o pasados de frío, abrigándolas, para lo cual se prepara un baño con diferentes plantas que tienen esta función de aumentar la temperatura corporal después de estos baños.

Limpiados

En las hierberías los martes y viernes es común mirar personas de toda condición social realizando los limpiados con plantas para mejorar la salud, la suerte, el amor, el trabajo, entre otros. Pero lo más común son los bostezos y lloros denominados "mal aire", que padecen niños y adultos. Este malestar corporal es tratado mediante la limpia del cuerpo del afectado con plantas que generalmente tienen olores pungentes.

Discusión

Se registraron 273 especies de las que 178 (65.2%) son nativas en los mercados, 83 (30.4%) introducidas y 12 (4.4%) endémicas (Tabla 1). En mercados de los Andes ecuatorianos se registran entre 69 y 175 especies vegetales de uso medicinal (Cerón 1999b). En México se registraron cifras similares, 135 especies son expendidas en 11 hierberías de Monterrey (Nuevo León) (Nicholson & Arzani 1993). Un informe de Traffic Internacional dio a conocer

Tanto en las plantas medicinales de las hierberías como las silvestres, la presencia de especies introducidas es apreciable (30.4% y 16.7%, respectivamente). Esto nos muestra la influencia de la conquista española e introducción de plantas de uso medicinal hacia nuestras culturas andinas. Se recomienda establecer la taxonomía actualizada a través de colecciones de herbario de estas especies de amplio uso en América, ya que los nombres comunes a veces incluyen varias especies de diferentes familias por lo tanto de diferente resultado si se las aplica para la misma afección.

El porcentaje de plantas medicinales endémicas tanto para las hierberías (4.4%) como para las silvestres (5.1%) es similar. Estas plantas deberían ser parte de un estudio fitoquímico, revalorización de su estado de conservación con el fin de preservar en el caso que su explotación extractiva, mejorando sus poblaciones o estudiando su biología para proceder a cosechar mediante un manejo adecuado.

Tanto en las plantas medicinales de las hierberías como silvestres, las afecciones más requeridas son: inflamación, circulación, estomacal, baño caliente, limpiados. También dolencias relacionadas con el hígado, riñones, estómago y resfrío, tratadas con prácticas rituales mediante limpiados para aliviar ciertos estados del cuerpo. Estas dolencias merecen más atención, así como el análisis químico de las especies vegetales que se estén utilizando a través de las actividades que debería emprender el Ministerio de Salud.

Referencias

Acosta-Solís, M. 1971. Los bosques del Ecuador y sus productos. Publicaciones Científicas MAS, Quito. 348 p.

Acosta-Solís, M. 1992. Vademécum de plantas medicinales del Ecuador. FESO-Abaya-Yala, Quito. 243 p.

Bianchi, A. 1984. Hierbas medicinales del páramo (Cotopaxi). Abya-Yala, Quito. 40 p.

Buitrón, X. 1999. Ecuador: Uso y comercio de plantas medicinales, situación actual y aspectos importantes para su conservación. TRAFFIC Internacional, Cambridge. 101 p.

Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. Edit. Amigos del Libro, 2da Edición, Cochabamba. 333 p.

Cerón, C.E. 1993. Plantas útiles de la Reserva Geobotánica del Pululahua, Provincia de Pichincha-Ecuador. Hombre y Ambiente (Quito) 25: 9-73.

Cerón, C.E. 1994. Etnobotánica del Cabuyo en la Provincia del Cotopaxi. Hombre y Ambiente (Quito) 31: 5-38.

Cerón, C.E. 1999a. Identidad y etnobotánica del matico en el Ecuador. FUNBOTÁNICA (Quito) 8: 12-16.

Cerón, C.E. 1999b. Plantas medicinales que se expenden en los mercados de los Andes del Ecuador. Pp. 29-30. En: Memorias del Taller Ecuador: Uso y Comercio de Plantas Medicinales, Situación Actual y Aspectos Importantes para su Conservación. TRAFFIC Internacional, Quito.

Cerón, C.E. 2002a. Etnobotánica del Pondoa, Volcán Tungurahua. Cinchonia (Quito) 3(1): 26-35.

Cerón, C.E. 2002b. Etnobotánica del Río Upano, Sector Purshi-Zuñac, Parque Nacional Sangay. Cinchonia (Quito) 3(1): 36-45.

Cerón, C.E. & C. Montalvo. 2002. Etnobotánica de la Comunidad Alao, Zona de Influencia del Parque Nacional Sangay. Cinchonia (Quito) 3(1): 55-63.

Cerón, C.E. & M. Montesdeoca. 1994. Diversidad, composición y uso florístico en la Hoya Guayllabamba-Chota, provincia Pichincha-Imbabura, Ecuador. Hombre y Ambiente (Quito) 31: 85-135.

Cerón, C.E., A.M. Quevedo & M. M. Reina.1994. Etnobotánica del Quilotoa, Cotopaxi-Ecuador. Hombre y Ambiente (Quito) 31: 39-84.

Cerón, C.E. & A. Quevedo. 2002. Etnobotánica del Putzalagua Cotopaxi Ecuador. Cinchonia (Quito) 3(1): 95-102.

Cerón, C.E. & M. Reina. 1996. Plantas medicinales de los mercados de Ibarra, Imbabura-Ecuador. Cátedra (Universidad Central del Ecuador) 12: 23-38.

Cordero, L. 1950(1911). Enumeración botánica. 2da edición. Afrodisio Aguado, Madrid. 240 p.

Cowan Ford, K. 1971. Las yerbas de la gente: A study of Hispano-American medicinal plants. Anthropological 60: 1-437.

García-Barriga, H. 1992. Flora medicinal de Colombia. 2da. edición. Tercer Mundo Editores, Bogotá.

Garcilazo de la Vega El Inca. 1971(1609). Comentarios reales. Edit. Mercurio, Lima.

Girault, L. 1987. Kallawaya, curanderos itinerantes de los Andes. Investigación sobre prácticas medicinales y mágicas. Impresores Quipus, La Paz. 670 p.

Jørgensen, P.M. & S. León-Yánez. 1999. Catalogue of vascular plants of Ecuador. Ann. Missouri Bot. Gard. 75: 1-1181.

Lewis, W.H. & M.P.F. Elvin-Lewis. 1977. Medical botany, plants affecting man's health. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Nueva York.

Montalvo, C. & C.E. Cerón. 2003. Plantas medicinales que se expenden en los mercados de Cuenca. Pp. 47-54. En: Naranjo, P. & J.L. Coba (eds.). Etnomedicina en el Ecuador. Corporación Editora Nacional, Universidad Andina Simón Bolívar, Quito.

Nicholson, M.S. & C. B. Arzeni. 1993. The market medicinal plants of Monterrey, Nuevo León, México. Economic Botany 47(2): 84-192.

Ortega, F. 1988. Hierbas medicinales del Quito urbano. Ministerio de Salud Pública e Instituto Nacional de Investigaciones Nutricionales y Médico Sociales, Quito. 69 p.

Pompa, G. 1983. Medicamentos indígenas. 49 edición, Edit. América. S. A., Madrid.

Varea Q., M. T. 1922. Botánica médica nacional. Tipografía Vicente León, Latacunga. 161 p.

Velasco, J. 1946. Historia del Reino de Quito en la América Meridional. Historia Natural. Editora El Comercio, Quito. 504 p.

White, A. 1982. Hierbas del Ecuador. Plantas medicinales. 2da. edición, Libri-Mundi, Quito. 379 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 294-312.

Plantas psicoactivas

Lars Peter Kvist[1] & Mónica Moraes R.[2]

[1]Instituto de Biología, Universidad de Aarhus, Ny Munkegade 1540, 8000 Aarhus C., Dinamarca
email: lars.kvist@biology.au.dk
[2]Herbario Nacional de Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 10077 – Correo Central, La Paz, Bolivia
email: monicamoraes@acelerate.com

Abstract

Psychoactive plants of the central Andean region (Bolivia, Peru and Ecuador excluding the eastern lowlands) are surveyed, emphasizing plants traditionally applied by healers (curanderos, shamans) and their clients/patients for hallucinogenic and/or narcotic effects. Prevalent among these plants are the San Pedro cactus (*Echinopsis pachanoi*) used for a hallucinating decoction taken during ceremonies in northwestern Peru and southernmost Ecuador, but probably not, as often as claimed in Bolivia. Two other cacti may occasionally replace San Pedro (*Armatocereus laetus*, *Melocactus bellavistensis*), and a variation of other plants can be added to the San Pedro potion, but it is unclear if they have narcotic effects. The more potent and dangerous tree datura (*Brugmansia* spp.) were historically used in the region and are still taken in certain areas, e.g. as a supplement to San Pedro when shamans confronts complicated cases. However, *Brugmansia* tends to be used in secrecy since these plants are much associated with black magic and death, and locals believe that they mainly serve (the evil) to bewitch enemies. Tobacco (*Nicotiana* spp.) is always a component of psychoactive rituals, and has been administrated in dosages resulting in mind-altering effects and even hallucinations. Coca (*Erythroxylum coca* and *E. novogratanense*) are also important ritual plants, but have mainly stimulating rather than narcotic effects. Finally some psychoactive plants used in pre-Colombian and early post-Columbian times have been abandoned, and the Vilca tree (*Anadenanthera colubrina*) was apparently the most important of these plants. Its seeds provided a hallucinating snuff inhaled via the nostrils, and paraphernalia that served to administrate this snuff are commonly discovered both in the highland along the coast. Other species claimed to have psychoactive effects are *Coriaria ruscifolia* and *Pernettya prostrata*.
Key words: Psicoactive plants, *Echinopsis pachanoi*, *Brugmansia* spp.

Resumen

Se referencian las plantas psicoactivas de la región de los Andes centrales (Bolivia, Perú y Ecuador excluyendo tierras bajas orientales) con énfasis en las tradicionalmente aplicadas por curanderos (shamanes) y sus pacientes en base a efectos alucinógenos y/o narcóticos. El cactus de San Pedro (*Echinopsis pachanoi*) es usado en una decocción alucinógena ingerida en ceremonias del NW Perú y extremo sur de Ecuador, probablemente no de esta forma en Bolivia. Otras dos especies de cactus pueden ser ocasionalmente utilizadas en lugar del San Pedro (*Armatocereus laetus*, *Melocactus bellavistensis*) y una variedad de otras plantas puede ser añadida a la poción de San Pedro, pero no está claro si tiene efectos narcóticos. El árbol más potente y peligroso es el floripondio o datura (*Brugmansia* spp.) que ha sido históricamente usado en la región y todavía es ingerido en ciertas áreas, p.e. como suplemento al San Pedro cuando los shamanes confrontan casos complicados. Sin embargo, *Brugmansia* tiende a ser usada en secreto, ya que está asociada a la magia negra, muerte y para embrujar a enemigos. El tabaco (*Nicotiana* spp.) normalmente es un componente de ritos psicoactivos y ha sido administrado en dosis que tienen efectos mentales y alucinaciones. La coca (*Erythroxylum coca* y *E. novogratanense*) es también una planta importante ritual, pero tiene más efectos estimulantes que narcóticos. Finalmente, algunas plantas psicoactivas utilizadas en tiempos pre y post coloniales han sido abandonadas y el árbol vilca (*Anadenanthera colubrina*) aparentemente fue el más importante. Sus semillas proveen de un polvo alucinógeno inhalado por la nariz y la parafernalia que sirve para administrar ese polvo ha sido comúnmente descubierta en tierras altas a lo largo de la costa. Otras especies que pueden tener efectos psicoactivos son *Coriaria ruscifolia* y *Pernettya prostrata*.
Palabras clave: Plantas psicoactivas, *Echinopsis pachanoi*, *Brugmansia* spp.

Introducción

Las plantas psicoactivas han servido para contactar a los dioses, diagnosticar o curar enfermedades, evaluar o resolver problemas, incorporar fuerza física o simplemente para relajar y hasta divertirse. Los shamanes son practicantes religiosos que median entre su sociedad y la fuerza supernatural para generar efectos de protección y bienestar a sus congéneres (Wilbert 1991) y durante miles de años han aplicado plantas con efectos sicoactivos para ingresar al reino de los espíritus (Schultes & Hofmann 1979). Según Elferink (1983), las plantas alucinógenas inducen ilusiones y visiones, mientras que las narcóticas alteran el estado conciente debido mayormente a acciones sedativas y analgésicas. Las especies psicoactivas contienen sustancias similares a los neurotransmisores naturales y pueden interferir en la transferencia de los impulsos nerviosos (Lewis & Elvin-Lewis 1977, Simpson & Conner-Ogorzaly 1986), pero el impacto de estas plantas puede variar considerablemente, dependiendo de las cantidades ingeridas y de las circunstancias; p.e. la nicotina puede actuar como estimulante y como depresora y si son tomadas en cantidades suficientes inclusive inducen visiones (Janiger & Dobkin 1976, Schultes 1979, Wilbert 1972, 1991).

La mayor variación registrada de plantas psicoactivas se concentra en México y el noroeste de Sud América (La Barre 1970, Schultes & Hofmann 1979, Simpson & Conner-Orgorzaly 1986). La razón es incierta, pero la vegetación de esa área es particularmente diversa y puede también contener un elevado número de plantas con esas propiedades. En Sud América tropical la mayor parte de las plantas psicoactivas fue documentada de grupos indígenas que residen en la región oeste de la Amazonía, incluyendo a las laderas húmedas orientales de los Andes. Se dispone de importante bibliografía particularmente referida a la bebida alucinógena de la ayahuasca, preparada de la liana del bosque lluvioso *Banisteriopsis caapi* y una variedad de plantas que pueden ser mezcladas con ésta (Bristol 1966b, Dobkin de Ríos 1972, Rivier & Lindgren 1972, Naranjo 1983). Al comparar, relativamente son pocas especies psicoactivas que han sido utilizadas en las tierras altas andinas y a lo largo de la costa del Pacífico; sus aplicaciones han sido menos documentadas al presente.

Cuando los españoles llegaron en 1532, el Imperio Inca había regido por aproximadamente 100 años en las tierras altas de Ecuador, Perú y Bolivia, así como la región de la adyacente costa pacífica de Perú y del sur de Ecuador. Durante ese siglo, han podido influenciar a las culturas dominadas mediante la aplicación de plantas psicoactivas y por consiguiente durante cinco siglos la iglesia católica ha limitado e inclusive erradicado el uso de muchas de esas especies, excepto el tabaco y la coca en el sur de Perú y Bolivia.

La presente contribución releva y discute sobre las plantas psicoactivas registradas para Ecuador, Perú y Bolivia (sin contar con las tierras bajas tropicales orientales y al noroeste de Ecuador) en la región de los Andes centrales tropicales, particularmente en rituales realizados y/o dirigidos por shamanes o curanderos. Estas especies son listadas en la tabla 1, excluyendo a las plantas introducidas del Viejo Mundo: la marihuana (*Cannabis sativa*) y el opio (*Papaver somniferum*), así como a las que son aplicadas por las culturas del bosque amazónico occidental y que no son usadas en las tierras altas (*Banisteriopsis caapi*, *Brunfelsia* spp., *Virola* spp., *Paullinia yoco*, *Ilex guayusa*, entre otras). Por lo que consideraremos a los siguientes grupos de especies en el área de estudio: San Pedro, huachuma o achuma (*Echinopsis pachanoi*) y otras cactáceas, árbol de floripondio o de datura (*Brugmansia* spp.), tabaco (*Nicotiana* spp.), coca (*Erythroxylum coca* y *E. novogranatense*), polvo (rapé) de vilca, cebil curupaú (*Anadenanthera colubrina*) y otras plantas psicoactivas. En el Anexo 1 se encuentran los nombres cíentificos con autores

y familias de todas las especies mencionados en el presente trabajo.

San Pedro, huachuma o achuma *(Echinopsis pachanoi)* y otras cactáceas

En la región de la costa peruana, varios cactus crecen sobre piedras y son representados en textiles y cerámicas dejadas por culturas antiguas como la Nazca, Mochica, Chimu y Chavín, que atestiguan que el cactus San Pedro ha sido continuamente usado en esta región por los últimos 3.000 años (Dobkin de Ríos 1977, 1984, Sharon 1978, Schultes & Hofmann 1979, Davis 1983). Hoy en día los shamanes continúan rebanando tallos del cactus San Pedro e hirviéndolos, para luego ser ingeridos en una decocción intoxicante y alucinógena durante rituales nocturnos. Ellos diagnostican las aflicciones de sus pacientes y deciden lidiar con sus problemas y curar enfermedades o también pueden adivinar el futuro de sus clientes o embrujar a sus enemigos. Estas ceremonias son practicadas en el sur de Ecuador, en el norte de las tierras altas y en la costa peruana. Actualmente son los mestizos de Perú y Ecuador que consumen el cactus San Pedro, pero los rituales combinan componentes originales e indígenas (de los shamanes) con creencias, prácticas y símbolos derivados del catolicismo (Sharon 1972a, Davis 1983). El San Pedro también ha sido referido con otros nombres locales que se presentan en la tabla 2 que derivan del Quechua y otras lenguas indígenas.

Gillin (1945) fue el primero que llamó la atención sobre la existencia de cactáceas alucinógenas del San Pedro en el norte de Perú; luego Friedberg (1960) y Poisson (1965) confirmaron que éste contiene el alcaloide alucinógeno de la mescalina, que también se encuentra en el cactus de peyote de México y del SW de USA (Schultes & Hofmann 1979). El San Pedro debe ser más potente en la tierra alta y en los meses más secos del año (Sharon 1972a, Vivanco 2000), probablemente refleja su contenido de mescalina en ambas circunstancias. Esta especie del cactus San Pedro (*Echinopsis pachanoi*, Cactaceae) tiene hábito columnar de hasta 7 m y usualmente carece de espinas; la mayoría de las plantas (clones) tiene 7 costillas longitudinales, pero también hay plantas con 6-8 ó menos comúnmente 9 ó 4 costillas. En Perú los últimos casos son particularmente apreciados porque son percibidas como símbolos de los cuatro vientos o cuatro caminos del mundo, que es un importante concepto en la cosmología andina (Sharon 1978, Schultes & Hofmann 1979).

El género *Echinopsis* contiene más de 50 especies, pobremente conocidas (Madsen 1989) y *E. pachanoi* es la especie que se distribuye en el extremo más norteño y es la única que llega a Ecuador; pero de acuerdo a Brako & Zarrucchi (1993) Perú tiene 20 especies. Britton & Rose (1920) describieron a *Echinopsis pachanoi* como *Trichocereus pachanoi* y este último es todavía frecuentemente usado, p.e. en el buscador Google (del 9 Sep 2006) resultó en 75.300 señales y para *E. pachanoi* fue de 17.400 (mientras que el cactus San Pedro y el peyote dieron 701.000 y 2.130.000, respectivamente). Para Bolivia se menciona a *E. bridgesii* como San Pedro en el departamento de La Paz; otras especies en el S del país. Otras pocas especies de *Echinopsis* (*Trichocereus*) también contienen mescalina, pero no es claro todavía hasta qué punto la gente originaria ha tomado ventaja de sus propiedades alucinógenas. Las especies más importantes entre ellas son *E. peruvianus*, *E. cuzcoensis* y *E. terscheckii*. Sin embargo, la primera especie es probablemente un sinónimo de *E. pachanoi* que mayormente se diferencia por tener espinas desarrolladas, mientras que las últimas especies se distribuyen respectivamente en el sur de Perú y en Bolivia y el NW de Argentina. La última especie puede también ser utilizada en Bolivia, aunque con mayor probabilidad en la vegetación chaqueña de tierras bajas.

Considerando que la gente ha cultivado *Echinopsis pachanoi* desde tiempos precolombinos, es muy difícil determinar su área geográfica original, aunque Cárdenas

Tabla 1. Plantas alucinógenas y narcóticas actual o previamente usadas en Ecuador, Perú y Bolivia (excepto en tierras bajas del E y NW de Ecuador). Se incluye el área geográfica de la práctica, la parte de la planta usada y el nombre común local. Referencias: 1) Cárdenas 1989, 2) Davis 1983, 3) De Feo 2003, 4) De Lucca & Zalles 1992, 5) Haro 1971, 6) Lopez 1994, 7) Naranjo 1969, 8) Pérez Gollan & Gordillo 1993, 9) Plowman 1984, 10) Schultes 1970, 11) Schultes 1972, 12) Schultes 1977, 13) Schultes & Hoffman 1979, 14) Vivanco 2000. Los autores de plantas y familias se presentan en el anexo 1.

Especies de plantas	Usadas dónde y cuándo	Parte usada	Nombre local	Referencias
Anadenanthera colubrina	Previamente usada en gran parte del área	Semilla	Vilca	(en el texto)
Armatocereus laetus	N Perú, Piura	Tallo	Pishicol	2
Brugmansia spp.	Mayormente NW Perú y C Ecuador	Planta entera	(tabla 5)	(tabla 5)
Coriaria ruscifolia	Probable previamente en tierras altas de Ecuador	Hojas	Shanshi	5, 11
Datura inoxia	Aparentemente en Perú y probablemente en otros	Planta entera	Chamico	6
Datura stramonium	Aparentemente en los tres países	Planta entera	Chamico	4, 5, 10
Desfontainia spinosa	Reportado de Colombia (cerca de Ecuador) y Chile	Hojas (?)	Borrachero	13
Echinopsis pachanoi	NW Perú y S Ecuador	Tallo	(tabla 2)	(tabla 3)
Echinopsis pachanoi	Tradicional y mayormente en S Perú y Bolivia	Hojas	Coca	9
Erythroxylum novogranatense	N Perú pero solo a pequeña escala	Hojas	Coca	9
Gaultheria sp.	Perú, pero tal vez hace mucho tiempo	No registrado	?	13
Iochroma fuchsioides	Colombia (cerca al borde con Ecuador)	No registrado	Árbol de campanilla	12
Lobelia spp.	Tal vez usada en Perú (o solo en Chile)	Hojas	Tabaco del diablo	6, 10
Melocactus bellavistensis	Loja en Ecuador (se requieren más estudios)	Tallo	Cabeza de perico	14
Nicotiana glauca	Piura, Perú y probablemente en otros	Hojas	?	3
Nicotiana paniculata	Aparentemente en Piura, Perú	Hojas	Tabaco cimarrón	3
Nicotiana rustica	Previamente importante, ahora muy rara vez cultivado	Hojas	Tabaco moro	3
Nicotiana tabacum	El tabaco comúmente cultivado y usado	Hojas	Tabaco blanco	(en el texto)
Passiflora spp.	Bolivia	Raíces	?	1
Pernettya prostrata	Ecuador/Perú, probablemente usado en tierras altas	Frutos	Taglii	5, 7, 10
Petunia hybrida (?)	Ecuador/Perú, tal vez en las tierras altas	?	Shanin	5, 13
Solanum mammosum	Bolivia	Hojas	?	1
Trichocline reptans (?)	Tal vez usado en Bolivia (como en Argentina)	Hojas	Coro	8

(1989) sostiene que es originaria de Ecuador y norte de Perú, que posteriormente fue introducida al resto de Perú y hasta Bolivia. Se la encuentra en áreas secas, mayormente entre 1.600-2.800 m de altitud y en Perú crece en el norte y centro de las tierras altas (Brako & Zarucchi 1993). También prospera en tierras bajas de la costa; Sharon (1972a) la registra en el nivel del mar de Trujillo donde probablemente ha sido introducida. En Ecuador adyacente está ampliamente distribuida en tierras altas interandinas desde el sur al norte de Quito. Tiene un rango disjunto en Bolivia al incluir a las provincias de La Paz, Cochabamba y Chuquisaca (De Lucca & Zalles 1992). Los ritos curativos tradicionales con el San Pedro es mayormente realizado en las tierras altas del norte de Perú (departmentos de Piura y Cajamarca) así como en el sur de Ecuador (provincia de Loja); en esta región hay un centro mayor y de renombre con muchos shamanes: Huancabamba en el este de Piura (Davis 1983, De Feo 1992). El San Pedro también es aplicado en tierras bajas de la costa peruana, desde Piura en el norte y hacia el sur al menos en el piedemonte occidental andino de Lima, donde el centro mejor conocido es Salas, al oeste de Chiclayo en Lambayeque (Dobkin de Ríos 1977, Sharon 1978). Los shamanes de estas áreas también practican temporalmente o como residentes en otras partes de Perú y viceversa: pacientes de partes más sureñas de Perú o Ecuador pueden buscarlos en sus regiones de residencia, dificultando la delimitación exacta del área geográfica en que el San Pedro se encuentra cultivado.

Tabla 2. Nombres comunes registrados para el cactus San Pedro en Perú y Ecuador, así como en países y provincias / departamentos en que ha sido registrado. Referencias: 1) Béjar *et al.* 2001, 2) Cárdenas 1989, 3) Davis 1983, 4) De Feo 1992, 5) De Feo 2003, 6) De Lucca & Zalles 1992, 7) Friedberg 1960, 8) Oblitas 1992, 9) Sharon 1972a, 10) Vivanco 2000.

Nombre local	País	Departamento Provincia	Referencias
Achuma	Ecuador	Loja	1
Achuma	Perú	Piura	5
Achuma	Bolivia		2, 6
Agua-collo	Ecuador	Loja	1, 1
Agua-collo	Perú	Piura	4, 5
Cardo	Perú	Libertad	9
Cactus real	Bolivia		8
Curi	Bolivia		8
Cimarrón	Perú	Piura	4
Gigantón	Ecuador	Loja	1
Gigantón	Perú	Piura	5
Gigantón	Bolivia		8
Huachuma	Ecuador	Loja	1
Huachuma	Perú	Piura	3, 7, 9
Huacuma	Perú	Piura	4
Huacuma	Bolivia		2
Huando	Perú	Piura	5
Huando hermosa	Perú	Libertad	9
Olala	Bolivia		8
Sanpedrillo	Ecuador	Loja	10
Sanpedrillo	Perú	Libertad	9

La poción del San Pedro es relativamente simple de preparar. Los tallos son rebanados como rodajas de pan (aproximadamente de 200 g) y son hervidos al fuego durante ocho horas hasta que más de 10 l de agua se han reducido en una decocción concentrada (Sharon 1972a, De Feo 2003). En muchos casos no se mezcla con otro ingrediente, pero dependiendo de las circunstancias y los objetivos específicos también pueden ser añadidas otras especies, como se detalla en la tabla 3 (Sharon 1972b, De Feo 2003). No queda claro hasta qué punto estas plantas tienen efectos embriagadores o alucinógenos o si cambian o consolidan de otras formas el efecto del San Pedro, pero muchas de las especies mencionadas pertenecen a los géneros sospechosos de incluir especies con esos efectos, p.e. *Iresine* sp. (Schultes & Hofmann 1973, Bianchi & Samorini 1991), *Sanchezia* (Schultes & Raffauf 1990, De Feo 2003), *Senecio* (Schultes & Hofmann 1973, Díaz 1979) y *Solenostemon scutellarioides*, una hierba introducida del Mundo Viejo y anteriomente conocida como *Coleus blumei* (Schultes & Hofmann 1973, De Feo 2003). Se han generado discusiones respecto a la importancia del término cimora registrado aparentemente para un número de plantas (Davis 1983, tabla 3) con ciertos trabajos que reclaman el significado de la mezcla del San Pedro con otras plantas (Schultes & Hofmann 1979, Lopez 1994) y otros que refieren a plantas que pueden servir para la magia negra (De Feo 1992). El uso del tabaco – a menudo tomado como una mezcla con el San Pedro inhalado nasalmente – es un componente integrado de la ceremonia del San Pedro y puede ser añadida *Brugmansia* spp. para producir un brebaje más potente o para la magia negra (Sharon 1972a, De Feo 1992, 2003). Finalmente varios items no vegetales y sustancias pueden ocasionalmente también ser añadidos mientras se prepara el San Pedro

Tabla 3. Nombres científicos y vernaculares de plantas que los shamanes añaden para preparar la poción alucinógena del cactus San Pedro (*Echinopsis pachanoi*). Todos los datos corresponden a Perú, Ayabaca y Huancabamba se localizan en las tierras altas de Piura. Referencias: 1) Cruz-Sánchez 1948, 2) Davis 1983, 3) De Feo 1992, 4) De Feo 2003, 5) Dobkin de Rios 1968a, 6) Friedberg 1960, 7) Schultes 1970, 8) Sharon 1972a. Los autores de plantas y familias se presentan en el anexo 1.

Especie/taxa de planta	Nombre vernacular	Localidad	Referencias
Acalypha macrostachya	Cimora león	Huancabamba	3
Alternanthera sp.	Cimora	Ayabaca	4
Brugmansia spp.	(ver tabla 4 y 5)	Costa/ tierras altas	4, 5, 6, 7, 8
Datura stramonium	Chamico	Huancabamba	1
Hippobroma longiflora	Huancabamba		1, 7
Huperzia saururus	Condor blanca	Huancabamba	3
Huperzia sp.	Huaminga	Ayabaca	4
Iresine herbstii	Cimora señorita	Ayabaca	3, 4
Iresine sp.	Cimora lanza	Ayabaca/Huancabamba	3, 4
Neoraimondia arequipensis		Costa	7
Nicotiana paniculata	Tobaco cimarrón	Ayabaca/Huancabamba	3, 4
Nicotiana rustica	Tobaco moro	Huancabamba	3
Nicotiana tabacum	Tobaco (blanco)	Costa/ tierras altas	3, 4, 8
Pedilanthus tithymaloides	Cimora misha	Huancabamba	1, 7
Sanchezia sp.	Cimora (macanche)	Ayabaca/Huancabamba	3, 4
Senecio elatus	Hornamo amarillo	Ayabaca/Huancabamba	3, 4
Solenostemon scutellarioides	Cimorilla (oso)	Ayabaca/Huancabamba	3, 4
Valeriana adscendens	Hornamo morado	Ayabaca/Huancabamba	2, 3, 4

(Sharon 1972a) y ello probablemente influye en el sabor y consistencia más que los propios efectos de la poción.

El ritual del San Pedro ha sido descrito por varios estudios de Perú tanto en las tierras altas (Davis 1983, De Feo 1992) como en las tierras bajas costeras (Dobkin de Ríos 1968a, b, Sharon 1972a, b, 1978). Los participantes son el shaman, uno o dos de sus ayudantes o aprendices y un grupo de clientes/pacientes y sus parientes a menudo que provienen de largas distancias en búsqueda de consejos o ayuda. La mayoría de los shamanes son hombres, pero por lo menos a largo de la costa peruana también practica un considerable número de mujeres shamanes (Glass-Coffin 1992, 1999, Chinguel & Reyna 2003). La ceremonia se inicia después del ocaso y se realiza a cierta distancia de la vivienda del shaman, usualmente en una pequeña choza (tambo). Allí el shaman prepara una mesa como un altar (mesa), presentando una selección bien organizada de items supuestamente fuentes de poder (espíritus) que pueden ser activados durante el ritual, incluyendo fragmentos cerámicos precoloniales, navajas antiguas, estatuillas talladas en madera, crucifijos y santos católicos, siendo también importante pociones perfumadas y hierbas aromáticas (descripciones y fotografías en Sharon 1978). El shaman tiende a ocupar el primer par de horas hasta la medianoche cantando y rezando en un compás rítmico de una matraca para invocar las fuerzas de los espíritus guardianes. Durante este periodo ellos también pueden ingerir tabaco con el San Pedro por via nasal y subsecuentemente tanto el shaman como los pacientes ingieren la poción del San Pedro. En seguida, otras cuatro horas servirán para diagnosticar a cada paciente frente al altar con cánticos y rezos, friccionándolos con sus estatuillas, rociando con líquidos seleccionados y aconsejando sobre razones y soluciones para sus problemas personales (Sharon 1972a, b). El shaman puede también planificar y desarrollar un tratamiento continuo, aplicando una variación de plantas medicinales (Chinguel & Reyna 2003).

En las tierras altas de Perú a menudo un segundo ritual sigue en el siguiente día. El shaman y sus pacientes realizan peregrinajes a lagos sagrados localizados hasta los 4.000 m de altitud donde aplican rituales de limpieza con baños en las aguas frías (Sharon 1972b, Schultes & Hofmann 1979). Numerosas lagunas a altitudes son encontradas en la Cordillera Oriental de los Andes, distribuidas de los distritos de Huancabamba y Ayabaca de Perú hacia Ecuador (Sharon 1978, De Feo 1992, 2003, Vivanco 2000) y los shamanes tienen preferencias por determinadas lagunas. Un objetivo adicional para visitar esas áreas es el de obtener material de plantas que crecen cerca de las lagunas, ya que se les asignan poderes inusuales. Algunas de estas plantas pueden ser añadidas a la mezcla del San Pedro (Tabla 3), pero la mayoría de ellas es medicinal que los shamanes pueden recomendar para dolencias específicas. Los shamanes que practican en la costa de Perú también reconocen el poder de las mencionadas lagunas altoandinas y las plantas que crecen en su área de influencia. Ellos mismos realizan romerías a las lagunas y allí buscan y preservan materiales vegetales para sus prácticas o adquieren esos materiales mediante intermediarios o los compran en mercados medicinales (Sharon 1978, Chinguel & Reyna 2003). Por lo tanto, los shamanes en el NW Perú y Ecuador conducen ritos similares, aplican las mismas plantas y reconocen lo sagrado de las lagunas de altitud. Esas similaridades reflejan las tradiciones de siglos de antigüedad que continúan porque los shamanes frecuentemente viajan a otras zonas e intercambian experiencias con sus colegas; de acuerdo a Vivanco (2000) muchos shamanes ecuatorianos originalmente fueron aprendices de colegas peruanos más viejos.

El valle de Vilcabamba (sur de Ecuador) es famoso por su culto al San Pedro, pero de acuerdo a Vivanco (2000) solo quedan un par de shamanes. Uno de ellos - Pancho Toledo – fue consultado por el primer autor (y por Zhofre Aguirre de Loja en noviembre de 2005). De

acuerdo a este shaman, en Vilcabamba el San Pedro mayormente sirve más como una droga para los *turistas hipies* que para las curaciones tradicionales. Vivanco (2000) menciona que los productores de droga – una mezcla del San Pedro con marihuana, alcohol y/o guando (*Brugmansia* spp.) – garantizan de esta forma un brebaje potente para los turistas. El mencionado shaman también usa al cactus conocido como cabeza de perico que lo obtiene de La Toma en el valle de Catamayo valley a 60 km al oeste. La cabeza de perico es un cactus pequeño con mayor número de costillas longitudinales que *Echinopsis pachanoi*, que tanto Vivanco (2000) como botánicos locales confirman que pertenece a la especie *Melocactus bellavistensis*. Madsen (1989) describe a *M. bellavistensis* como un cactus cilíndrico de 20-35 cm con hasta 18 costillas, que se encuentra en Ecuador limitado a laderas escarpadas en el valle de Catamayo. Esta especie también se encuentra en Perú (departamentos de Amazonas, Cajamarca, Libertad), pero allí esta especie no ha sido registrada con efectos sicoactivos. Se requiere documentar sobre la preparación, uso y química del cactus cabeza de perico para confirmar si *M. bellavistensis* es alucinógeno (por lo menos en el valle de Catamayo). No se ha reportado sustancias psicoactivas en el género *Melocactus* y según J. Madsen (pers. com. 2006) sería sorprendente que *M. bellavistensis* contenga alcaloides porque el ganado vacuno se alimenta de esta especie, pero no de *E. pachanoi*.

Melocactus bellavistensis no es el único cactus que puede suplir a *Echinopsis pachanoi*. Davis (1993) reportó a *Armatocereus laetus* – una rara especie conocida solo de pocas localidades de Perú – en el área de Huancabamba podría sustituir al San Pedro. Schultes (1970) plantea que material del cactus *Neoraimondia arequipensis* (como sinónimo de *N. macrostibas*) puede ser añadido mientras se elabora la decocción del San Pedro. Dado que esta especie aparentemente solo sirve mezclada con *E. pachanoi*, puede ser que no contenga sustancias alucinógenas (y así figura en la tabla 3, pero no en la 1).

No se ha documentado que el culto del San Pedro actualmente exista en el sur de Perú ni en Bolivia. Sin embargo, R.E. Schultes ha reiterado varias veces (e.g. Schultes &Hofmann 1979, Schultes 1998) que el San Pedro también sirve para preparar una bebida intoxicante en las tierras altas de Bolivia y otros hayan repetido esta información sin crítica. Sin embargo, no hemos hallado trabajos que documenten que esta especie actualmente sirva para rituales curativos en Bolivia. Cárdenas (1989), De Lucca & Zalles (1992) y Oblitas (1992) todos describen sus usos ornamentales y medicinalas – en particular para aliviar torceduras o para consolidar fracturas – pero solo el primero menciona sus propiedades alucinógenas, comentando que es cierto que este cactus fue empleado durante el periodo colonial de Bolivia (hasta aproximadamente 1750).

Árbol de floripondio o de datura (*Brugmansia* spp.)

La segunda mayor categoría de las plantas alucinógenas de la región andina central es el árbol del floripondio o de datura en el género *Brugmansia* (Solanaceae). Hay poca información sobre los usos psicoactivos de la pre-Conquista de *Brugmansia* (Schultes & Hofmann 1979). Cárdenas (1989) menciona que los cirujanos precolombinos usaron semillas de *Brugmansia* como anestésicas en las trepanaciones craneanas. Pero muchos grupos indígenas de las tierras altas de los Andes y de la cuenca occidental de la Amazonía son conocidos por ingerir plantas narcóticas durante el período post-Conquista (Haro 1971, Schultes 1979). La reciente documentación mayormente proviene de grupos nativos que residen en las laderas orientales andinas, p.e. de casi todos grupos étnicos residentes de los Andes orientales en Ecuador como los Cayapas en tierras bajas húmedas del noroeste (Kvist & Holm-Nielsen 1987), pero las especies de *Brugmansia* también

son utilizadas por los shamanes de las tierras altas que curan en virtud del cactus del San Pedro (De Feo 2004). Sin embargo y dado que las poblaciones andinas tienden a asociar a *Brugmansia* con hechicería, brujería y muerte, es difícil establecer a cuál nivel la gente local toma ventaja de estas plantas con propiedades psicoactivas. Las personas que intentan usarlas en secreto pueden fácilmente adquirir los materiales vegetales requeridos ya que las especies de *Brugmansia* son comunmente cultivadas como plantas ornamentales y medicinales, p.e. cuando son aplicadas tópicamente para combatir el reumatismo.

Se tiene una considerable confusión respecto a la taxonomía del árbol del floripondio o de datura – actualmente incluida en el género andino *Brugmansia* – pero previamente tratada como una sección del género *Datura* (s.l.). Aparentemente estas plantas son todas cultígenos, limitadas a áreas pobladas de la región andina y mayormente reproducidas por gajos vegetativos. La selección humana pudo consecuentemente haber resultado en una variación interespecífica de caracteres, como forma y tamaño de las hojas y flores, por lo que Bristol (1966a, 1969) sugirió que cerca de 20 especies descritas (nombres) solo representan a tres especies y sus variedades e híbridos (constituyendo la sección *Brugmansia* en *Datura* s.l.). Es decir, 1) La especie de flores rojas en las tierras altas (*D. sanguinea*), 2) La especie de flores blancas (*D. candida*) también encontrada por encima de 1.500 m de altitud (correspondiente a *B. arborea* bajo *Brugmansia*) y 3) La especie de flores blancas (*D. suaveolens*) normalmente bajo los 1.200 m de altitud. Lockwood (1973a, b) reconoció a cinco especies en el género segregado *Brugmansia* así como varios híbridos y cultivares; Schultes (1979) aceptó siete especies (en *Datura*) con seis en las tierras altas y *D. suaveolens* a menor altitud. La tabla 4 presenta las especies más comúnmente reconocidas de *Brugmansia*, pero se requiere una revisión moderna de este grupo y la tabla 5 presenta los nombres comunes; los más conocidos de las especies de Ecuador-Bolivia y Perú son floripondio y misha, respectivamente. La especie *B. sanguinea* es también conocida en Perú como huaca que significa planta de la tumba (Schultes & Hofmann 1979) y en Bolivia se la denomina floripondio boliviano porque presentan los tres colores de la bandera nacional: rojo, amarillo y verde (figura 1).

Para los propósitos psicoactivos, las semillas en polvo de *Brugmansia* son a menudo tomadas tanto en infusión o mezcladas en chicha (maíz o yuca fermentados), pero todas las partes de estas plantas contienen alcaloides

Tabla 4. Especies comúnmente reconocidas del árbol de floripondio o datura (*Brugmansia*). Referencias: 1) Lockwood 1973b (género), 2) Jørgensen & León-Yánez 1999 (Ecuador), 3) Brako & Zarucchi 1993 (Perú), 4) De Feo 1992, 2003, 2004 (Abayaca-Huancabamba, Piura, Perú). *Brugmansia candida* y *B. insignis* a menudo se consideran de un origen híbrido. Los autores de las especies aparecen en el anexo 1.

Especies de *Brugmansia*	**1)**	**2)**	**3)**	**4)**
arborea	x	x	x	x
aurea	x		x	x
candida		x	x	x
insignis			x	x
sanguinea	x	x	x	x
suaveolens	x	x	x	x
versicolor	x		x	x

Tabla 5. Nombres comunes registrados para el árbol de floripondio o datura (*Brugmansia*) y las especies a las que se refieren. Referencias: 1) Acosta-Solis 1993, 2) Cárdenas 1989, 3) Cerón & Montalvo 2002, 4) Cerón & Quevedo 2002, 5) Davis 1983, 6) De Feo 1992, 7) De Feo 2003, 8) De Feo 2004, 9) De Lucca & Zalles 1992, 10) Dobkin de Ríos 1968b, 11) Oblitas 1992, 12) Schultes & Hofmann 1979, 13) Sharon 1972a, 14) White 1982.

Nombre vernacular	Especie de *Brugmansia*	País	Referencias
Cimora	*candida*	Perú	5
Floripondio	*arborea*	Ecuador	1, 14
Floripondio	*aurea*	Ecuador	4
Floripondio	*candida*	Ecuador	1
Floripondio	*candida*	Perú	13
Floripondio	*arborea*	Bolivia	2
Floripondio	*sanguinea*	Bolivia	2
Floripondio blanco	*arborea*	Bolivia	9, 11
Floripondio tricolor	*sanguinea*	Bolivia	2, 9
Guanto	*sanguinea*	Ecuador	3, 4, 14
Guatung	*sanguinea*	Ecuador	1
Huaca(chaca)	*sanguinea*	Perú	12
Misha	*arborea*	Perú	10
Misha colambo	*suaveolens*	Perú	6, 7, 8
Misha curandero	*candida*	Perú	6, 7, 8
Misha del Inca	*versicolor*	Perú	6, 7, 8
Misha galga	*aurea*	Perú	6, 7, 8
Misha rastrero	*insignis*	Perú	6, 7, 8
Misha león	*arborea*	Perú	6, 7, 8
Misha oso	*arborea*	Perú	8
Misha toro	*sanguinea*	Perú	6, 7, 8

y las hojas, tallos y frutos son también ingeridos (Schultes 1979). La intoxicación no es particularmente placentera. En su inicio puede causar frenesí y luego seguir un sueño en trance con alucinaciones que luego el shaman puede interpretar para diagnosticar enfermedades y adivinar el futuro (Schultes 1979, Frucci & Broseghini 1984). La sobredosis es un riesgo que puede resultar en la muerte o en una enfermedad permanente; según Cárdenas (1989) las alteraciones mentales pueden ser de tipo esquizofrénico. Esto se explica por qué el shaman usualmente solo da *Brugmansia* a sus pacientes en pequeñas dosis o tópicamente para propósitos medicinales. El género *Brugmansia* contiene alcaloides tropanos como escopolamina, atropina e hiosciamina – conocidos de muchas Solanaceae – siendo el primero el más importante componente (Schultes & Hofmann 1979) con fines somníferos (Cárdenas 1989).

Los amerindios Kamsa e Ingano residentes del valle Sibundoy en el sur de Colombia son renombrados por aplicar una variación considerable de especies y cultivares de *Brugmansia*, además los shamanes cultivan estas plantas en sus jardines (Bristol 1969, Lockwood 1979, Schultes 1979). Estudios recientes han demostrado una variación similar de las especies cultivadas de *Brugmansia* en áreas de Huancabamba (De Feo 1992) y de Ayabaca (De Feo 2003) en Piura

Fig. 1: Detalle de la flor de *Brugmansia sanguinea*, denominado floripondio boliviano en Bolivia. Foto: M. Moraes.

(Perú) y allí los shamanes también cultivan estas plantas en sus jardines personales (De Feo 2004). Cada shaman tiene sus variedades preferidas de *Brugmansia* que parcialmente sirven para propósitos medicinales y también para ser ingeridos cuando tienen que analizar o diagnosticar casos complicados. Los shamanes que practican en tierras bajas costeras de Perú también suplirán ocasionalmente al San Pedro con *Brugmansia* (Sharon 1972a, Lopez 1994) y allí se tienen registros recientes de *B. sanguinea* y *B. aurea* por ser utilizada como narcótico ritual por Quechuas de tierras altas en el centro de Ecuador (Cerón & Montalvo 2002, Cerón & Quevedo 2002, así como datos de especímenes de herbario), es decir, en áreas donde está ausente el San Pedro cultivado. Tanto botánicos y colegas de Ecuador y Perú consideran que *Brugmansia* es más ampliamente usado para magia y curas en las tierras altas que lo que unas relativamente pocas referencias sugieren y estas plantas son probablemente también usadas en el sur de Perú y en Bolivia.

Especies de malezas de *Datura* (s.s.) tienen propiedades psicoactivas similares a las descritas para el árbol de floripondio o de datura. *Datura inoxia* y *D. stramonium* son nativas de Mexico y USA donde tradicionalmente son usadas por los shamanes (Schultes 1972); ambas han sido introducidas en la región andina donde se han convertido en malezas localmente comunes aplicadas para la medicinal y ocasionalmente como narcóticas. *Datura inoxia* también se usa como narcótica en el NW de la costa de Perú y la segunda especie es usada en los tres paises del presente estudio. Según Cárdenas (1989), en Bolivia *D. stramonium* (y su sinónimo *D. tatula*) es una planta ruderal y común, conocida como chamico y en la farmacopea Kallawaya se considera una planta estupefaciente que es usada para provocar el delirio (Cárdenas 1989). En Ecuador y Perú tambien se la conoce como chamico y tiene usos parecidos (Tabla 1 y datos de especímenes de herbario). Estas son probablemente prácticas post-coloniales, ya que ambas especies aparentemente fueron introducidas a Sud América después de la conquista europea.

Tabaco (*Nicotiana* spp.)

El tabaco aparentemente es siempre consumido durante ritos curativos en el Nuevo Mundo, incluyendo en el culto del San Pedro y la ingestión de ayahuasca en las tierras bajas (Wilbert 1972). Pero también posee propiedades narcóticas y alucinógenas que son ampliamente explotadas por poblaciones indígenas (Elferink 1983). Hace cerca de 300 años el tabaco mayormente sirvió para propósitos religiosos y medicinales en que los shamanes incursionaron en agudas intoxicaciones por nicotina al ingerir grandes cantidades de tabaco (Wilbert 1991) y más comúnmente fumando (Elferink 1983). Pero el tabaco también es administrado en todas formas: tomado, lamido, absorbido, masticado, ingerido, aspirado o incluso como enema rectal (Wilbert 1972, Schultes 1979). Tomado en cantidades elevadas puede inducir a la embriaguez, estados en trance o de inconciencia, sueño pesado o incluso la muerte (Elferink 1983, Heiser 1987, Wilbert 1991). Muchas descripciones coloniales sobre el uso narcótico y alucinógeno del tabaco proceden de México y de la región del Caribe (Elferink 1983), pero Cooper (1949) menciona estas prácticas de los países andinos. No obstante, los indígenas Warao del delta en el río Orinoco en Venezuela continúan usando tabaco en estos días. Es la única planta sicoactiva que ellos aplican y durante los ritos curativos sus shamanes la fuman gigantes cigarros de 50-75 cm, induciendo a estados de trance narcótico y permitiendo comunicarse con lo sobrenatural (Wilbert 1972). También les permite cambiar sus voces y su vista, p.e. pueden ver mejor en el crepúsculo y la noche que durante el día (Wilbert 1991). Según Wilbert (1991), ellos distinguen entre el tabaco del hombre blanco que es comúnmente fumado y el tabaco nativo solo utilizado por los shamanes.

Los consumidores recreacionales actuales no perciben al tabaco como narcótico y por consiguiente se ha postulado que alguna vez tuvo una composición diferente o fue más potente (Elferink 1983). Dos especies han sido ampliamente cultivadas y parte de la explicación es que *N. rustica* es más potente y fue más comúnmente cultivada cuando los europeos llegaron, por lo que fue luego reemplazada por la más suave *N. tabacum* y limitando a la primera para comunidades tradicionales de México y Sud América (Heiser 1987). Además la cantidad consumida de tabaco y las expectativas de los consumidores pueden explicar probablemente los diferentes impactos del tabaco (Elferink 1983). Janiger & Dobkin de Ríos (1973, 1976) discutieron sobre la composición química del humo de tabaco y sus efectos, sugiriendo que los efectos alucinógenos ocasionales no se deben a la nicotina sino a los alcaloides de harmala formados en cantidades considerables durante la combustión de ciertas hojas de tabaco.

El género *Nicotiana* tiene cerca de 45 especies con la mayor parte en el sur de Sud América (Heiser 1987) y las especies silvestres como *N. paniculada*, *N. glauca* y probablemente otras son también ocasionalmente usadas en ritos curativos y en particular la segunda especie puede tener propiedades estimulantes y alucinógenas (De Feo 2003). Poco se conoce sobre su composición química y efectos.

Hoja de coca (*Erythoxylum coca* y *E. novogranatense*)

Aparentemente pocas otras plantas psicoactivas son utilizadas en el sur de Perú y Bolivia. La gente mayormente aprovecha la hoja de coca, que probablemente debería ser caracterizada más como estimulante que como narcótico. Por sus efectos sobre el sistema nervioso central, se la aprecia por generar una sensación de bienestar y tranquilidad, así como la disminución o inhibición de sensaciones angustiosas del hombre: hambre, sed y cansancio (Cárdenas 1989). Sin embargo, la coca es también un importante componente de rituales curativos (Plowman 1984, Cárdenas 1989, Alurralde 2002), donde la masticación de

sus hojas – combinada con prácticas como ayuno, meditación, encantamientos y danzas – puede producir estados de trance que le permite al hombre comunicarse con espíritus (Martin 1970) hasta niveles de euforia (Alurralde 2002). Las hojas de coca son masticadas junto a sustancias alcalinas que facilitan la liberación y absorción de los alcaloides (Rivier 1981, Plowman 1984); la pasta de ceniza endurecida (llipta o llucta) – que mejora el sabor de la hoja de coca – es elaborada por diversas plantas aunque mayormente se usa la quinua (*Chenopodium quinoa*), para luego ser amasadas con agua y desecadas (Cárdenas 1989). La región andina ha asimilado las bondades de la coca desde hace 4.000 años (Alurralde 2002, Henman 2005); las cerámicas antiguas demuestran que la hoja de coca fue masticada en la costa de Ecuador hace más de 4.000 años (Lathrap *et al.* 1976) y también fue tempranamente usada en las tierras altas ecuatorianas (Naranjo 1974), así como a lo largo de la costa de Perú, donde el clima extremo desértico incluso ha preservado antiguas hojas de coca (Dobkin de Ríos 1984, Plowman 1984). Sin embargo, aparentemente no ha sido registrado su uso en las culturas de la costa del norte de Perú (Cárdenas 1989).

En el Imperio Inca la coca fue considerada como la planta más sagrada; su uso estuvo aparentemente restringido a los nobles y sacerdotes (Naranjo 1981), en que las hojas fueron parte de sacrificios en fiestas religiosas y sirvieron para la adivinación (Martin 1970). Después de la llegada de los españoles pronto se dieron cuenta que el masticar las hojas de coca les permitía a los indígenas trabajar durante largas horas a elevadas altitudes con poca alimentación, por lo que se hizo una costumbre generalizada en las tierras altas del centro-sur de Perú y Bolivia; actualmente también se consume en las tierras bajas de ambos países. La coca sirve como estimulante, comparable al café en otras partes del mundo, pero mantiene su lugar como una planta divina usada para ritos curatives y religiosos (Martin 1970). Al mismo tiempo, el masticar la coca *(coqueo)* facilita la digestión y provee de importantes suplementos vitamínicos y minerales (Duke *et al.* 1975, Henman 2005); también tiene numerosas aplicaciones medicinales (Martin 1970, Grinspoon & Bakalar 1981, Cárdenas 1989, Alurralde 2002). Pese a sus beneficios, la costumbre de masticar coca ha desaparecido de Ecuador y de una gran parte del norte de Perú (Plowman 1979), aparentemente debido a que en esa región la administración colonial fiscalizó el hábito (Leon 1952, Naranjo 1974).

Se conoce que la coca proviene de procesos intensos de domesticación en los Yungas de Perú y Bolivia; corresponde a dos arbustos estrechamente relacionados representados por dos variedades con una en la región andina central: *Erythroxylum novogranatense* var. *truxillense* y *E. coca* var. *coca* (Plowman 1979, 1984, Cárdenas 1989). La primera es resistente a sequías y se la cultiva y consume a escala limitada en el valle seco Marañón superior y a lo largo de ríos de la costa norteña de Perú (*E. novogranatense* var. *novograntense* se encuentra en Colombia). *Erythroxylum coca* produce las hojas que son masticadas por poblaciones natives de Bolivia y Perú; también se la cultiva en las laderas húmedas orientales de los Andes y probablemente también todavía crece en forma silvestre (*E. coca* var. *ipadu* se la encuentra en los bosques de tierras bajas amazónicas). La cocaína es extraida de *E. coca* y debido a la elevada demanda en países desarrollados y a la producción expansiva ilícita el cultivo de *E. coca* se ha ampliado al este de Bolivia, norte de Perú, Colombia y tierras bajas amazónicas adyacentes; y las hojas de ambas especies domesticadas de *Erythroxylum* contienen una variedad de alcaloides, siendo la cocaína la más importante y abundante (Rivier 1981, Cárdenas 1989); ninguna de las especies silvestres de este género contienen suficientes alcaloides para reemplazar a la coca (Plowman 1979, Plowman & Rivier 1983, Bieri *et al.* 2006). El consumo de cocaína no debería ser comparado o confundido con los usos benéficos y tradicionales de la hoja de coca (Cárdenas

1969, Plowman 1984, Alurralde 2002, Henman 2005).

Polvo (rapé) de Vilca, cebil o curupaú (*Anadenanthera colubrina*)

La forma más eficiente y rápida de consumir una droga es vía nasal donde los vasos capilares sanguíneos la pueden absorber directamente al mismo tiempo evitando la degradación potencial en la boca, estómago e intestinos (De Smet 1985). El polvo de plantas psicoactivas inhalado nasalmente y la parafernalia antigua de inhalación han demostrado que hace 4.000 años fue un hábito en las tierras altas y en la costa de la región de los Andes centrales (Dobkin de Ríos 1984). Esta práctica pudo haber sido particularmente importante para la cultura Tiwanacota (600-1.000 A.D.) en Bolivia cerca al Lago Titicaca (Pochettino *et al.* 1999). Se han generado diversas discusiones respecto a de cuál(es) planta(s) procede el polvo de Vilca (Altschul 1967). Usualmente (si no siempre), la fuente correspondió a semillas del árbol de una Mimosaceae: *Anadenanthera colubrina*. Recientemente, una muestra de polvo de más de 1.000 años de antiguedad encontrada en parafernalia inhalatoria entre Argentina y Bolivia ha documentado que de hecho ese polvo procede de la *A. colubrina* (Pochettino *et al.* 1999).

Los shamanes Inca fueron igualmente intoxicados al inhalar ese polvo y refirieron a la planta que provee de esa sustancia como Vilca. Las tres plantas más fuertes que fueron preferentemente usadas por los Incas fueron la vilca, el tabaco y la hoja de coca, siendo la vilca utilizada para fines medicinales importantes como la coca y el tabaco (Altschul 1967). Vilca significa sagrado en Quechua (Altschul 1967) y Vilcabamba se refiere al valle sagrado; se ha postulado que Vilcabamba tanto en el sur de Ecuador como el cercano a Cuzco (el valle sagrado de los Incas) fueron los sitios bajo los cuales se denominó a la Vilca que se encuentra en ambos sitios. Altschul (1967) plantea que en Perú existe una correlación entre localidades denominadas Vilca con la distribución de esta especie. A*nadenanthera colubrina* se encuentra desde el sur de Ecuador hasta los valles secos de Perú y Bolivia, luego hacia las tierras bajas de Bolivia, Argentina, Paraguay y E de Brasil, que además casi coincide con la unidad fitogeográfica del bosque seco estacional (Prado & Gibbs 1993, Prado 2000).

Los españoles consideraron a este polvo o rapé como un trabajo diabólico y tuvieron éxito en erradicar su práctica. Sin embargo, en los años 40 el Vilca fue registrado en la farmacopea indígena como planta medicinal y narcótica (Altschul 1967). En el NW de Argentina la infusión de semillas de Vilca todavía es usada contra desórdenes de origen sobrenatural (Martínez & Pochettino 1992) y la práctica de inhalar ese polvo puede haber sobrevivido hasta la actualidad entre los amerindios Mataco (Califano 1975), aunque no ha sido registrada la aplicación psicoactiva en Bolivia (Cárdenas 1989). No obstante, el uso del polvo de Vilca nunca fue observado / estudiado por científicos, pero el género *Anadenanthera* tiene una segunda especie – *A. peregrina* – distribuida en las sabanas del norte de Sud América y el Caribe (Altschul 1964). Las semillas de *A. peregrina* tienen efectos similares y todavía son usadas por los grupos indígenas de los llanos de Colombia y Venezuela, SE de Venezuela y norte de Brasil (Wurdack 1958, Schultes 1967, Chagnon 1971, Schultes & Hofmann 1979). Las semillas son mezcladas con una sustancia alcalina y luego son sopladas en la nariz, primero produciendo una extrema excitación con gestos y chillidos, seguidos por somnolencia o un estupor en trance con alucinaciones (De Smet 1985, Cárdenas 1989, Schultes 1998). El uso del polvo de *Anadenanthera* fue alguna vez ampliamente distribuido en Sud América y el Caribe; Cristóbal Colón observó esta práctica en 1496 cuando llegó a la isla de Hispaniola (Wassen 1967). Los principios activos de ambas especies de *Anadenanthera* son alcaoides indoles derivados de triptominas y la más importante

es la bufotenina (Schultes *et al.* 1977, De Smet 1983, 1985) aislada de sapos. Los indígenas de México (Schultes 1972) y de la Amazonía incluyendo a los Matsés de Perú (Romanoff *et al.* 2004) han obtenido similares efectos de los exudados epidérmicos de sapos vía sanguínea al inflingirse heridas.

Otras plantas psicoactivas

Varias otras plantas psicoactivas pueden usarse en la región andina (ver tabla 1 con referencias), pero probablemente ya no se usan actualmente. Seis géneros han sido registrados como psicoactivos en las tierras altas de Bolivia, Perú y Ecuador, mientras que se incluyen otros cuatro géneros de áreas de Colombia, Argentina y Chile.

Informantes ecuatorianos (con comentarios en cerca de diez especímenes de herbario) plantean que las bayas de *Coriaria ruscifolia* tiene efectos narcóticos y alucinógenos, mucha gente reconoce a estas plantas como venenosas para el hombre y para animales domésticos (Kvist en prensa). Lo mismo se aplica a *Pernettya prostrata* en Ecuador (en cinco especímenes de herbario) y podría haberse reportado para Perú de una especie de *Gaultheria* con similares potenciales. También hay registros de Ecuador que indican a *Pernettya*, menos frecuentemente a *Gaultheria* y otras Ericaceae con efectos venenosos para la gente y animales de granja (Kvist, aceptado). Finalmente se cuenta con fuentes bibliográficas en que especies de *Petunia* tienen uso alucinógeno en Ecuador; esto puede ser dudoso porque este género aparentemente solo se lo encuentra cultivado y está representado por *P. hybrida* (Jørgensen & León-Yánez 1999). Hasta los 1.000 m de altitud de la región yungueña de Bolivia algunos hechiceros utilizan *Solanum mammosum* que es utilizada para entrar en trance en prácticas de adivinación y curación (Cárdenas 1989). Así también las raíces de varias especies de *Passiflora* son aplicadas como sedativas débiles en Bolivia (Cárdenas 1989).

Iochroma fuchsioides y *Desfontainia spinosa* son usados muy localmente como alucinógenos en el sur de Colombia y pueden haber sido más ampliamente explotados (la segunda especie también ha sido reportada de Chile). Una especie de *Trichocline*, probablemente *T. reptans*, es fumada en el NW de Argentina y lo mismo puede ocurrir en el sur de Bolivia. Finalmente, las hojas de *Lobelia* pueden ser fumadas causando alucinaciones en Chile (tabaco del diablo) y se tiene un registro (dudoso?) que también se tiene ese caso en Perú. Otra Campanulaceae, *Hippobroma longiflora*, se añade a la poción del San Pedro (Tabla 3).

Conclusiones

Indudablemente la planta alucinógena más importante de la region andina central es el San Pedro, que todavía se aplica por varios shamans en algunos sitios del NW de Perú. También se usan especies de *Brugmansia* pero es difícil establecer hasta qué nivel de importancia. A nivel regional, la hoja de coca constituye un símbolo cultural de las tierras altas para diversos fines rituales y mágicos que es aplicada como estimulante. El tabaco es comúnmente usado como componente en ritos, pero en contraste con épocas pasadas no como planta narcótica. Mientras que se está perdiendo el uso de otras plantas psicoactivas *Anadenanthera colubrina*, *Coriaria ruscifolia*, *Pernettya prostrata*.

Agradecimientos

Agradecemos a Zhofre Aguirre de Loja (Ecuador) quien acompañó al primer autor en los contactos con personas relevantes durante la investigación en Vilcabamba; también a Orlando Sanchez quien colaboró en la búsqueda de información sobre el uso de cactus sicoactivos. Lucía de la Torre de Quito (Ecuador) nos facilitó acceso a la información referida a plantas psicoactivas compiladas de su base de datos sobre plantas útiles ecuatorianas. A

Joaquina Albán, Carlos Ostolaza y Mario Lopez de Perú por proveernos datos sobre el uso del cactus San Pedro. A DANIDA (Agencia Danesa para el Desarrollo) por financiar al proyecto BEISA (Biodiversidad y Especies Económicamente Importantes de los Andes Tropicales).

Referencias

Acosta-Solis, M. 1993. Plantas medicinales del folclor ecuatoriano. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo de Tungurahua, Quito. 161 p.

Altschul, S. von R. 1964. A taxonomic study of the genus *Anadenanthera*. Contributions from the Gray Herbarium 193: 3-65.

Altschul, S. von R. 1967. Vilca and its use. Pp. 307-314 En: Efron, D.H., Holmstedt, B. & N.S. Kline (eds.) Ethnopharmacologic Search for Psychoactive Drugs. Raven Press, New York.

Alurralde A., J. A. 2002. Coca. Acullico y sus beneficios. La Paz. 274 p.

Béjar, E., R. Bussmann, C. Roa & D. Sharon. 2001. Hierbas del sur ecuatoriano. Una guía de las plantas medicinales de Vilcabamba. LH Press, Spring Valley, California. 352 p.

Bianchi, A. & G. Samorini. 1993. Plants in association with ayahuasca. Jahrbuch für Etnomedicin 21-42.

Bieri, S., A. Brachet, J.-L. Veuthey & P. Christen. 2006. Cocaine distribution in wild *Erythroxylum* species. Journal of Ethnopharmacology 103: 439-447.

Brako, L. & J.L. Zarucchi (eds.) 1993. Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 45: 1-1286.

Bristol, M. L. 1966a. Notes on the species of tree daturas. Botanical Museum Leaflets 21: 229-248.

Bristol, M. L. 1966b. The psychotropic *Banisteriopsis* among the Sibundoy of Colombia. Botanical Museum Leaflets 21: 113-140.

Bristol, M. L. 1969. Tree datura drugs of the Colombian Sibundoy. Botanical Museum Leaflets 22: 165-227.

Britton, N. L. & J. N. Rose. 1920. The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants in the cactus family. Vol. 2. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C. 241 p.

Califano, M. 1975. El chamanismo mataco. Scripta Ethnologica (3): 7-60.

Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. Los Amigos del Libro, La Paz, Cochabamba. 333 p.

Cerón, C. & C. Montalvo 2002. Etnobotánica de la comunidad Alao, zona de influencia del Parque Nacional Sangay. Cinchonia 3: 55-63.

Cerón, C. & A. Quevedo. 2002. Etnobotánica del Putzalagua. Cotopaxi, Ecuador. Cinchonia 3: 95-102.

Chagnon, N. A. 1971. Yanomamö hallucinogens: Anthropological, botanical, and chemical findings. Current Anthropology 12: 72-74.

Chinguel, I. & V. Reyna. 2003. Medicina tradicional peruana y plantas medicinales. Pp. 57-61 En: Memorias del Segundo Congreso Peruano de Plantas Medicinales y Fitoterapia, Instituto de Fitoterapia Americana, Lima.

Cooper, J.M. 1949. Stimulants and narcotics. Pp. 525-558 En: Steward, J.S. (ed.) Handbook of South American Indians. Bulletin of the Bureau of American Ethnology, no. 143(5). U.S. Gov´t Printing Office, Washington D.C.

Cruz-Sánchez, G. 1948. Informe sobre las aplicaciones de la Cimora en el norte del Perú. Revista Farmacológica de Medicina Experimental 1(2): 253-258.

Davis, E.W. 1983. Sacred plants of the San Pedro cult. Botanical Museum Leaflets 29: 367-383.

De Feo, V. 1992. Medicinal and magical plants in the northern Peruvian Andes. Fitoterapia 53: 417-440.

De Feo, V. 2003. Ethnomedical field study in northern Peruvian Andes with particular reference to divination practices. Journal of Ethnopharmacology 85: 243-256.

De Feo, V. 2004. The ritual use of *Brugmansia* species in traditional Andean medicine in northern Peru. Economic Botany 58 (supplement): 221-229.

De Lucca, M. & J. Zalles. 1992. Flora medicinal boliviana. Diccionario Enciclopédico. SEAPAS / Editorial Los Amigos del Libro, La Paz-Cochabamba. 498 p.

De Smet, P.A.G.M. 1983. A multidisciplinary overview of intoxicating enema rituals in the western hemisphere. Journal of Ethnopharmacology 9: 129-166.

De Smet, P.A.G.M. 1985. A multidisciplinary overview of intoxicating snuff rituals in the

western hemisphere. Journal of Ethnopharmacology 13: 3-49.

Díaz, J.L. 1979. Ethnopharmacology and ethnopharmacognosy of Mexican psychodysleptic plants. Journal of Psychodelic Drugs 11: 71-101.

Dobkin de Ríos, M. 1968a. Folk curing with a psychodelic cactus in northern Peru. International Journal of Social Psychiatry 15: 23-32.

Dobkin de Ríos, M. 1968b. *Trichocereus pachanoi* - a mescaline cactus used in folk healing in Peru. Economic Botany 22: 191-194.

Dobkin de Ríos, M. 1972. Visionary vine: psychedelic healing in the Peruvian Amazon. Chandler, San Francisco.

Dobkin de Ríos, M. 1977. Plant hallucinogens and the religion of the Mochica - an ancient Peruvian people. Economic Botany 31: 189-203.

Dobkin de Ríos, M. 1984. Hallucinogens: cross-cultural perspectives. University of New Mexico Press. Albuquerque. 247 p.

Duke, J.A., D. Aulik & T. Plowman. 1975. Nutritional value of coca. Botanical Museum Leaflets 24: 113-119.

Elferink, J.G.R. 1983. The narcotic and hallucinogenic use of tobacco in pre-Colombian Central America. Journal of Ethnopharmacology 7: 111-122.

Friedberg, C. 1960. Utilisation d´un cactus a mescaline au Nord du Perou (*Trichocereus pachanoi* Brit. et Rose). Proceedings 6th International Congress of Anthropological and Ethnological Sciences 2: 21-26.

Frucci, S. & S. Broseghini. 1984. El cuerpo humano. Plantas y hierbas medicinales de los Shuar. Ediciones Abya-Yala, Quito. 111 p.

Gillin, J. 1945. Moche: a Peruvian coastal community. Institute of Social Anthropology Publication, Smithsonian Institution (3): 1-166.

Glass-Coffin, B. 1992. Discourse, *daño*, and healing in North Coastal Peru. Pp. 33-55 En: Nichter, M. (ed.) Anthropological Approaches to the Study of Ethnomedicine. University of Arizona, Tucson.

Glass-Coffin, B. 1999. Engendering Peruvian shamanism through time: insights from ethnohistory and ethnography. Ethnohistory 46: 205-238.

Grinspoon, L. & J.B. Bakalar. 1981. Coca and cocaine as medicines: an historical review. Journal of Ethnopharmacology 3: 149-159.

Haro, S.L. 1971. Shamanismo y farmacopea en el Reino de Quito. Contribuciones del Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales 75: 3-28.

Heiser, C.B. 1987. The fascinating world of the nightshades. Tobacco, mandrake, potato, tomato, pepper, eggplant, etc. Dover Publications, Inc., Nueva York. 200 p.

Henman, A. 2005. Mamacoca (un studio complete de la coca). Juan Gutenborg, Lima, Perú. 354 p.

Janiger, O. & M. Dobkin de Ríos. 1973. Suggestive hallucinogenic properties of tobacco. Medical Antropology Newsletter 4 (4): 6-11.

Janiger, O. & M. Dobkin de Ríos. 1976. *Nicotiana* an hallucinogen? Economic Botany 30: 149-151.

Jørgensen, P.M. & León-Yánez, S. (eds.) 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden (75): 1, 1181 p.

Kvist, L.P. en prensa. Venenos para vertebrados. En: De la Torrre, L., H. Navarrete, P. Muriel, M.J. Macía & H. Balslev (eds). Catálogo de Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA-Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Departamento de Botánica Sistemática de la Universidad de Aarhus (Dinamarca), Quito.

Kvist, L.P. & L.B. Holm-Nielsen. 1987. Ethnobotanical aspects of lowland Ecuador. Opera Botanica 92: 83-107.

La Barre, W. 1970. Old and new world narcotics: a statistical question and an ethnological reply. Economic Botany 24: 73-80.

Lathrap, D.W., D. Collier & H. Chandra. 1976. Ancient Ecuador: culture, clay and creativity, 3000-300 B.C. Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois.

León, L.A. 1952. Historia y extinción del cocaísmo en el Ecuador. Sus resultados. América Indígena 17: 7-32.

Lewis, W.H. & M.P.F. Elvin-Lewis.1977. Medical botany: plants affecting man's health. John Wiley & Sons, Nueva York. 515 p.

Lockwood, T.E. 1973a. Generic recognition of *Brugmansia*. Botanical Museum Leaflets 23: 273-284.

Lockwood, T.E. 1973b. A taxonomic revision of *Brugmansia* (Solanaceae). Tesis Ph.D., Harvard University, Cambridge, Massachusetts.

Lockwood, T.E. 1979. The ethnobotany of *Brugmansia*. Journal of Ethnopharmacology 1: 147-164.

Lopez, A. 1994. La etnobotánica en el norte del Peru. Arnaldoa 2 (1): 65-75.

Madsen, J. 1989. 45. Cactaceae. En: Harling, G. & L. Andersson (eds.) University of Götenborg. Flora of Ecuador 35: 1-79.

Martin, R.T. 1970. The role of coca in the history, religion, and medicine of South American Indians. Economic Botany 24: 422-437.

Martínez, M.R. & M.L. Pochettino. 1992. The farmacia casera (household pharmacy) as a source of ethnopharmacobotanical information. Fitoterapia 63: 209-216.

Naranjo, P. 1969. Etnofarmacología de las plantas psicotrópicas de América. Revista "Terapia", Quito 1: 34-37.

Naranjo, P. 1974. El cocaísmo entre los aborígenes de Sur América: Su difusión y extinción en el Ecuador. América Indígena 34: 605-628.

Naranjo, P. 1981. Social function of coca in pre-Columbian America. Journal of Ethnopharmacology 3: 161-172.

Naranjo, P. 1983. Ayahuasca: Ethnomedicina y mitología. Ediciones Libri Mundi, Quito. 222 p.

Oblitas P., E. 1992. Plantas medicinales en Bolivia. Farmacopea Callawaya. Editorial Los Amigos del Libro. Cochabamba, La Paz. 525 p.

Pérez Gollan, J.A. & I. Gordillo. 1993. Religión y alucinógenos en el antiguo Noroeste Argentino. Ciencia Hoy (Buenos Aires) 4: 50-63.

Plowman, T. 1979. Botanical perspectives on coca. Journal of Psychodelic Drugs 11: 103-117.

Plowman, T. 1984. The ethnobotany of coca (*Erythroxylum* spp., Erythroxylaceae). Advances in Economic Botany 1: 62-111.

Plowman, T. & L. Rivier. 1983. Cocaine and cinnamoylcocaine content of thirty-one species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae). Annual of Botany (London) 51: 641-659.

Pochettino, M.L., A.R. Cortilla & M. Ruiz. 1999. Hallucinogenic snuff from Northwestern Argentina: Microscopical Identification of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae) in powdered archaeological material. Economic Botany 53: 127-132.

Poisson, J. 1965. The presence of mescaline in a Peruvian cactus. Annales Pharmaceutiques Francaises 23: 241-244.

Prado, D.E. 2000. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. Edinburgh Journal of Botany 57: 437-461.

Prado, D.E. & P.E. Gibbs. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. Annuals of the Missouri Botanical Garden 80: 902-927.

Rivier, L. 1981. Analysis of alkaloids in leaves of cultivated *Erythroxylum* and characterization of alkaline substances during coca chewing. Journal of Ethnopharmacology 3: 313-335.

Rivier, L. & J.-E. Lindgren 1972. "Ayahuasca", the South American hallucinogenic drink: an ethnobotanical and chemical investigation. Economic Botany 26: 201-229.

Romanoff, S., D. Jiménez, F. Uaquí & D.W. Fleck. 1994. La vida tradicional de los Matsés. Centro Amazónico de Antropología y Aplicación Práctica, Lima. 148 p.

Schultes, R.E. 1967. The botanical origins of South American snuffs. Pp. 291-305 En: Efron, D.H., Holmstedt, B. & N.S. Kline (eds.) Ethnopharmacologic search for psychoactive drugs. Raven Press, Nueva York.

Schultes, R.E. 1970. The New World indians and their hallucinogenic plants. Morris Arboretum Bulletin 21: 3-14.

Schultes, R.E. 1972. An overview of hallucinogens in the western hemisphere. Pp. 3-54 En: Furst, P. (ed.) Flesh of the Gods. The Ritual Use of Hallucinogens. George Allen & Unwin LTD, Londres.

Schultes, R.E. 1977. A new hallucinogen from Andean Colombia: *Iochroma fuchsioides*. Journal of Psychodelic Drugs 9: 45-49.

Schultes, R.E. 1979. Solanaceous hallucinogens and their role in the development of New World cultures. Pp. 137-160 En: Hawkes, J.K., R.N. Lester & A.D. Shielding (eds.) The Biology and Taxonomy of Solanaceae. Academic Press, Nueva York.

Schultes, R.E. 1998. Antiquity of the use of New World hallucinogens. The Heffer Review of Psychedelic Research 1: 1-7.

Schultes, R.E. & A. Hofmann. 1973. The botany and chemistry of hallucinogens. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois. 267 p.

Schultes, R.E. & A. Hofmann. 1979. Plants of the gods. Origins of hallucinogenic use. Alfred van der Marck Editions, Nueva York. 292 p.

Schultes, R.E. & R.F. Raffauf. 1990. The healing forest. Medicinal and toxic plants of the northwest Amazonia. Dioscorides Press, Portland, Oregon. 484 p.

Sharon, D. 1972a. The San Pedro cactus in Peruvian folk healing. Pp. 114-135 En: Furst, P. (ed.) Flesh of the Gods. The Ritual Use of Hallucinogens. George Allen & Unwin LTD, Londres.

Sharon, D. 1972b. Eduardo the healer. Natural History 81: 32-47.

Sharon, D. 1978. Wizard of the four winds. A shaman's story. The Free Press, Nueva York. 209 p.

Simpson, B.B. & M. Conner-Ogorzaly. 1986. Economic botany. Plants in our world. McGraw-Hill Book Company, New Cork, 640 p.

Vivanco H., E. 2000. Vilcabamba: Conflictos culturales, prácticas y discursos en torno de uso del San Pedro. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias humanas, Departamento de Antropología. Disertación previa a la obtención de la Licenciatura en Antropología, Quito. 122 p.

Wassen, S.H. 1967. Anthropological survey of the use of South American snuffs. Pp. 233-289 En: Efron, D.H., B. Holmstedt & N.S. Kline (eds.) Ethnopharmacologic Search for Psychoactive drugs. Raven Press, Nueva York.

White, A. 1982. Hierbas del Ecuador. Plantas medicinales. Ediciones Libri Mundi, Quito. 379 p.

Wilbert, J. 1991. Does pharmacology corroborate the nicotine therapy and practices of South American shamanism? Journal of Ethnopharmacology 32: 179-186.

Wilbert, J. 1972. Tobacco and shamanistic ecstasy among the Warao indians of Venezuela. Pp. 55-83 En: Furst, P. (ed.) Flesh of the Gods. The Ritual Use of Hallucinogens. George Allen & Unwin LTD, Londres.

Wurdack, J.J. 1958. Indian narcotics in southern Venezuela. Garden Journal. New York Botanical Garden 8: 116-118.

Anexo 1. Lista alfabética de plantas mencionadas en texto y tablas con autores y familias:

Acalypha macrostachya Jacq. (Euph) - *Alternanthera* sp. (Amar)- *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan - *A. peregrina* (L.) Speg. (Mimo) - *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. ex A.W. Hill (Cact) - *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh. - *B. aurea* Lagerh. - *B. candida* Pers. - *B. insignis* (Barb. Rodr.) R.E. Schult. - *B. sanguinea* (Ruiz & Pav.) D. Don - *B. suaveolens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Bercht. & J. Presl - *B. versicolor* Lagerh. (Sola). - *Brunfelsia spp.* (Sola) - *Banisteriopsis caapi* (Spruce ex Griseb.) C.V. Morton (Malp) - *Cannabis sativa* L. (Cann) - *Chenopodium quinoa* Willd. (Chen) - *Coleus blumei* Benth. (= *Solenostemon scutellarioides*) - *Coriaria ruscifolia* L. (Cori) - *Datura inoxia* Mill. - *D. stramonium* L. - *D. tatula* L. (= *D. stramonium* L.) (Sola) - *Desfontainia spinosa* Ruiz & Pav. (Loga) - *Echinopsis pachanoi* (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley - *E. peruvianus* (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley (= *E. pachanoi*) - *E. terscheckii* (Parm. ex Pfeiff.) Friedrich & G.D. Rowley (Cact) - *Erythroxylum coca* Lam. - *E. novogranatense* (D. Morris) Hieron (Eryt) - *Gaultheria* sp. (Eric) - *Hippobroma longiflora* (L.) G. Don (Camp) - *Huperzia saururus* (Lam.) Trevis. - *Huperzia* sp. (Lyco) - *Ilex guayusa* Loes. (Aqui) - *Iochroma fuchsioides* (Bonpl.) Miers. (Sola) - *Iresine herbstii* Hook. - *Iresine* sp. (Amar) - *Isotoma longiflora* (L.) C. Presl (= *Hippobroma longiflora*) (Camp) - *Lobelia* spp. (Camp) - *Lycopodium saururus* Lam. (= *Huperzia saururus*) - *Melocactus bellavistensis* Rauh & Backeb. (Cact) - *Neoraimondia arequipensis* (Meyen) Backeb. (Cact) - *N. macrostibas* (K. Schum.) Britton & Rose (= *Neoraimondia arequipensis*) - *Nicotiana glauca* Graham - *N. paniculata* L. - *N. rustica* L. - *N. tabacum* L. (Sola) - *Papaver sonniferum* L. (Papa) - *Passiflora* sp. (Pass) - *Paullinia yoco* R.E. Schult. & Killip (Sapi) - *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. (Euph) - *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. (Eric) - *Petunia hybrida* (Hook.) Vilm. (Sola) - *Sanchezia* sp. (Acan) - *Senecio elatus* Kunth (Aste) - *Solanum mammosum* L. (Sola) - *Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd (Lami) - *Trichocline reptans* (Wedd.) B.L. Rob. (Aste) - *Valeriana adscendens* Turcz. (Vale) - *Virola* spp. (Myri).

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 313-328.

Aromas y sabores andinos

Carmen Ulloa

Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, MO 63166-0299, USA
email: carmen.ulloa@mobot.org

Abstract

The Andean plants used nowadays as condiments are relatively few. Their ancestral uses are mainly localized and they are almost unknown outside the Andean region. The most used and known spice is "ají" (*Capsicum* spp.). Others are: "huacatay" (*Tagetes* spp.), "muña" (*Minthostachys* spp.), and "paico" (*Chenopodium ambrosoides*). A compilation of the above and the following species used in Ecuador, Peru, and Bolivia is presented, with historical notes and their present uses as condiments: *Ageratina azangaroensis, Amaranthus caudatus, Buddleja* spp., *Canna edulis, Carica papaya, Clinopodium* spp., *Drimys granadensis, Escobedia grandiflora, Hedyosmum* spp., *Myrcianthes hallii, Ocotea quixos, Opuntia* spp., *Porophyllum ruderale, Schinus molle, Tropaeolum* spp. The most important plant the Central Andes have contributed to the history of botany and pharmacy is the quinine (*Cinchona officinalis*) which bitter taste is used in cocktail preparations. Recipes are provided at the end.
Keywords: Andes mountains, Condiments, Spices, Pre-Columbian, Traditional use.

Resumen

Las plantas andinas utilizadas hoy en día como condimentos son relativamente pocas. Sus usos, aunque ancestrales, son prácticamente locales y casi no se conocen fuera de la región andina. El condimento más usado y conocido es el ají (*Capsicum* spp). Otros son: el huacatay (*Tagetes* spp.), la muña (*Minthostachys* spp.) y el paico (*Chenopodium ambrosoides*). Se presenta una recopilación de éstas y las siguientes especies que se usan en Ecuador, Perú y Bolivia con notas históricas y sus usos actuales como condimento: *Ageratina azangaroensis, Amaranthus caudatus, Buddleja spp., Canna edulis, Carica papaya, Clinopodium* spp., *Drimys granadensis, Escobedia grandiflora, Hedyosmum* spp., *Myrcianthes hallii, Ocotea quixos, Opuntia* spp., *Porophyllum ruderale, Schinus molle, Tropaeolum* spp. La planta más importante en la historia de la botánica y la farmacéutica oriunda de los Andes centrales es la quinina (*Cinchona officinalis*), cuyo uso sabor amargo se usa en la coctelería. Se proporciona un apéndice con recetas.
Palabras clave: Andes, Condimento, Especias, Precolombino, Uso tradicional.

Introducción

> "Gin & tonic" fue el aperitivo que pedí. Saboreando el cóctel me sonreí al recordar que su amargo sabor proviene de la quinina, extraida de aquella corteza andina que un día habría conquistado al mundo entero...

El importantísimo papel económico de la comercialización de especias exóticas en la Europa medieval cambiaría la historia del mundo al impulsar el viaje transatlántico de Cristóbal Colón, quien en búsqueda de una ruta alternativa al Oriente, se encontraría con todo un Nuevo Mundo. Sin embargo, el almirante no encontró la afamada pimienta de la India (*Piper nigrum* L.), sino a indios que comían pimiento (el ají, *Capsicum* sp. - Fernández de Oviedo y Valdés en 1535 lo denomina la pimienta de los indios), perpetuando así, hasta nuestros días, la imperdonable confusión de estos vocablos. Las consecuencias del encuentro entre estos mundos tan distintos cambiarían definitivamente las artes culinarias de todo el planeta (ver Long 2003).

La región andina del siglo XVI ofreció sin duda un nuevo mundo de sabores, aromas y preparaciones (Olivas Weston 1996). Los conocimientos de las tradiciones gastronómicas o culinarias andinas durante la Conquista se encuentran dispersos en las crónicas y noticias acerca de las plantas y animales de las primeras relaciones históricas; entre otras las del cronista Cieza de León quien recorrió la región en 1547 o las obra del Padre Acosta de 1590, del Inca Garcilaso (1991[1609]) y posteriormente la del padre Cobo, quien escribió a mediados del siglo XVII. Olivas Weston (1999) recoge la información de varias fuentes históricas y las proyecta a nuestros días, pudiendo verse que después de cinco siglos, aún prevalecen en los países andinos tradiciones cotidianas, celebraciones y comidas que existían en el que una vez fuera el imperio incaico. Durante la Colonia, casi nada se escribió acerca de la comida latinoamericana y menos en libros de cocina, siendo la única referencia un raro cuaderno de recetas fechado de 1780. Luego los primeros recetarios mexicanos fueron impresos recién en 1831 y en Perú el libro más antiguo data de 1866 (Olivas Weston 1999, Super 2003). Super dice que tal vez, este retraso se debió a que la estructura social de la región carecía de grupos sociales necesarios para hacer rentable la publicación de obras bibliográficas.

En relación a los aportes andinos a la alimentación mundial como son por ejemplo la papa (*Solanum tuberosum*) y el tomate (*S. lycopersicum*), los condimentos y especias andinas son más bien de uso doméstico. El legendario *país de la canela* sólo arrojaría un condimento de menor calidad que el asiático, que finalmente quedaría relegado a consumo tradicional (véase más adelante). Los condimentos, especias y hierbas aromáticas más usados en el mundo actual provienen principalmente de Europa o Asia (p.e. canela, anís estrellado, pimienta negra, jengibre, cardamomo, nuez moscada, clavo de olor, romero, albahaca, eneldo, perejil, culantro, entre otros) y en número mínimo de las partes cálidas de América, como son por ejemplo el achiote (*Bixa orellana*), el chile (*Capsicum annuum*, véase más adelante), la pimienta dulce (*Pimenta dioica* y la vainilla (*Vanilla planifolia*) (Rosengarten 1969, Swahn 1991). Esto fue sin duda una consecuencia histórica del gran número de plantas nativas que quedaron en desuso por la prohibición y exigencia de los españoles de cultivar plantas más palatales y rentables, la mayoría traídas por ellos. O quizás estos alimentos andinos recibieron escasa atención frente a las riquezas de oro y plata que encontraron los conquistadores (Olivas Weston 1996). De cualquier manera, quedarían así olvidados varios productos y sistemas autóctonos de producción.

Uno de los aspectos importantes de una cocina es la combinación de diversas especias que le dan a la comida un sabor distintivo (Armelagos 2003). El mestizaje de la cocina andina sin duda se beneficiaría de la introducción de alimentos, especias y condimentos de otros continentes; basta con mirar los apetitosos platillos en cualquier libro o recetario de cocina moderna de nuestros países. Muchas recetas criollas todavía en práctica en la región andina tienen raíces muy antiguas en la época colonial, otras que se encuentran en libros de cocina de las abuelas lastimosamente han desaparecido (Olivas Weston 1996, 2001). Hoy en día, la globalización de las comidas chatarra y de la llamada cocina internacional amenaza con la estandarización del gusto y la pérdida de la identidad cultural de los pueblos, sobre todo en las grandes ciudades (Anónima 2005). En la región andina, al igual que en otras regiones del planeta, hay movimientos y propuestas de recuperación de alimentos nativos de rico valor nutricional, de actualización de tecnologías tradicionales y sobre todo de valoración de productos autóctonos (Estrella 1986, Correa & Bernal 1989-1998, NRC 1989, Fried 1999).

En lo siguiente, me voy referir a las especies de plantas aromáticas y condimenticias nativas de los Andes centrales, que aún forman parte de la cocina y costumbres de nuestros países a la espera de despertar interés, curiosidad y sobre todo valorar las especies nativas que dan sabor a nuestras comidas. Algunas son bien conocidas en toda la región, mientras que otras son sólo de consumo local. Para esto, he consultado libros y recetarios de cocina de países centro-andinos, así como libros históricos y pertinentes al tema. Las especies están arregladas según orden alfabético de sus nombres en latín. Para cada uno se anota la familia botánica, los nombres vernáculos, una nota histórica (si es conocida) y sus usos actuales como condimento. En el anexo 1 presento una pequeña selección de recetas.

Ageratina azangaroensis (Sch. Bip. ex Wedd.) R.M. King & H. Robinson, Asteraceae

Esta especie se conoce como marmaquilla y en Perú las ramas siempre se usan para cubrir la pachamanca u olla de tierra (un tipo de horno cavado en la tierra donde se hornea sobre piedras calientes), para darle sabor y aromatizarla (Krenmayr *et al.* 2000, Olivas Weston 2001). Se distribuye en los Andes, desde Ecuador hasta Argentina.

Amaranthus caudatus L., Amaranthaceae

Esta planta se conoce como ataco (ataku) o sangorache; las panojas de un rojo oscuro se usan en el Ecuador para dar color a la colada morada en el Día de Difuntos. Es nativa de América tropical y en los países andinos esta planta es más conocida como semicereal, que se la ha cultivado por cientos de años (como grano tiene otra serie de nombres vernáculos: kiwicha en Perú, coime o millmil en Bolivia (Cárdenas 1989, NRC 1989). Receta: Colada morada.

Buddleja L. Ruiz & Pav., Buddlejaceae

Echa una flor en racimo (...) de color naranjado fino; la cual echa en tanta cantidad, que todo el árbol se cubre de ella y huele algún tanto a azafrán; y la misma flor molida suele servir de azafrán en los guisados y les da color de amarillo. (...) Llámase quishuar en la lengua quichua y en la aimará, colli (Cobo 1964[1653]: 253). En Perú, las flores del quishuar, *B. incana* Ruiz & Pav. (Colombia hasta Bolivia) y de *B. coriacea* Rusby (Perú y Bolivia) aún se usan para dar color a las comidas (Brack Egg 1999, Krenmayr *et al.* 2000). En Bolivia se las denomina kishuara (M. Moraes, com. pers. 2006).

Canna edulis Ker Gawl., Cannaceae

La achira es más bien conocida por sus rizomas comestibles, pero sus hojas son indispensables para envolver alimentos en los Andes. Es una especie con una larga historia de cultivo en América del Sur (Ugent *et al.* 1984, NRC 1989). En las hojas frescas se prepara el queso de hoja y se envuelve todo tipo de ayacas, tamales y quimbolitos (tipo de tamal dulce ecuatoriano), que se cocinan al vapor. Aunque las hojas nunca se han mencionado como condimento, es indudable que la masa adquiere sabor de las mismas. El chef ecuatoriano Alberto Guzmán advierte que si al preparar el queso se sustituye la hoja de achira por la de plátano, el sabor no es el mismo (Diario La Hora, www.lahora.com.ec/cocina.asp?id). La planta de achira es también ornamental en parques y jardines.

Capsicum L., varias especies, Solanaceae

¿Con que echándole ají a todas las penas? (De *Canto Popular de las Comidas*, por A. Tejada Gómez 1974). Conocido en América del Sur con el nombre generalizado de ají, a la llegada de Colón varias especies de este género de plantas productoras de frutos picantes ya se había difundido y domesticado en toda América

tropical (Andrews 1984, Estrella 1986, Pardo Tomás & López Terrada 1993), figura 1. Los magros registros arqueológicos documentan que el ají domesticado *C. baccatum* L. ya se había establecido a lo largo de la costa peruana hace más de 2.000 años (Pickersgill 1969 cit. en Eshbaugh *et al.* 1983). El ají es el denominador común entre los condimentos en los Andes centrales y de tradición ancestral en la cocina andina. El padre Cobo (1964[1653]: 172) escribe que *"tiene el ají, después del maíz, el primer lugar, como la planta más general y de mayor estima entre los indios de cuantas se hallaron en esta tierra, porque entre las especias que dio Dios a los naturales de ella, es tan recibida de todas las naciones deste Nuevo Mundo, que no se ha hallado ninguna que no tuviese el uso della y en mucha estimación"*. Parece que el vocablo ají fuera originario de las Antillas y que en los Andes se conocía como uchu en Quechua y huayla en Aymara (Acosta 1977, Cárdenas 1989). El género *Capsicum* consta de más de 20 especies

Fig. 1: Una de las primeras ilustraciones de un ají (*Capsicum* sp.) erróneamente denominado pimienta de la India en la obra de Fuchs (1546), quien creyó que provenían de Asia. Cortesía colección de libros raros, biblioteca del Missouri Botanical Garden.

silvestres todas americanas (Eshbaugh 1980, Pickersgill 1984). De las cinco especies domesticadas, solo una tiene su origen en México (*C. annuum*), que es la más difundida en todo el mundo (incluye los chiles, el pimiento, la páprika, el jalapeño y la cayena, entre otros) y las restantes (*C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*) en América del Sur, posiblemente entre Bolivia y el sur de Brasil (McLeod *et al.* 1982, Eshbaugh *et al.* 1983, Andrews 1984, Pickersgill 1984). Existen más de 200 cultivares y se han vuelto parte cultural en países de otros continentes, como ingrediente indispensable en el curry asiático o la páprika húngara (Andrews 1984, Foster & Cordell 1992). El picante se debe a un alcaloide cristalino llamado capsaicina, que ese encuentra concentrado en el tejido entre la unión de la placenta con las paredes del fruto (Rosengarten 1969).

Si bien prácticamente ninguno de los ajíes andinos es conocido fuera de América del Sur, el germoplasma de las especies silvestres y de cultivares primitivos es una fuente potencial vital de resistencia a enfermedades virales, bacterianas y fungicidas, así como a nemátodos que afectan a las especies cultivadas. Además, por las variadas formas, colores y grados de picante pueden servir como recurso para favorecer estos atributos en otros pimientos (NRC 1989). El poco intercambio de *Capsicum* entre las regiones americanas posiblemente se deba que cada una domesticó sus propios ajíes (Pickersgill 1984). En los Andes, siguen siendo condimentos indispensables sea en forma seca o en salsas o aderezos y tienen un sinnúmero de nombres comunes a los cuales no siempre es fácil corresponder con la variedad o especie a la que pertenecen. En la tabla 1 se resume algunos de estos nombres. De acuerdo a los datos de FAOSTAT (2005), la producción mundial de ajíes y chiles frescos en la Comunidad Andina de Naciones ha crecido de 28.605 TM en 1961 a 183.305 TM en 2004, siendo Perú el mayor productor. Recetas: Ají de tomate de árbol, lagua de maíz, ocopa.

Carica papaya L., Caricaceae

La papaya es la mayor de las frutas indianas (...) llena de pepitas negras, redondas y tiernas, que también se comen y tienen sabor de mastuerzo [Especie de la familia Brassicaceae que se usa en Europa, posiblemente es Lepidium sativum L.]. Es la papaya fruta silvestre no muy apetitosa ni estimada (Cobo 1964[1653]: 239). Sorprendente el comentario de Cobo, cuando la papaya - por lo menos hoy en día - es una de las frutas más apetecidas y sabrosas. La papaya no se conoce en estado silvestre y ha sido cultivada en toda América tropical desde épocas precolombinas. Probablemente su centro de origen corresponda a las estribaciones andinas en el noroccidente de América del Sur (Prance 1984). En el contexto de este artículo, las semillas aún se usan como condimento como pimienta (Roth & Lindorf 2002). La leche (látex) de la papaya contiene la enzima papaína que tiene múltiples aplicaciones medicinales. En la industria se usa para ablandador de carnes y en nuestros países con frecuencia se utilizan las cáscaras frescas del fruto para este fin.

Chenopodium ambrosoides L., Chenopodiaceae

Las buenas cocineras de la sierra están enteradas de que sus hojas [de paico] son digestivas y por eso las usan como condimento (Krenmayr *et al.* 2000: 114).El paico (payco, paiko) es una especie de origen americano con propiedades medicinales y naturalizada en todo el mundo. Cobo (1964[1653]: 179) escribió que *Echan los indios esta yerba en sus guisos*. La palabra parece que deriva del aymara (Pérez Arbelaez 1978). Tiene además de uso medicinal. Las hojas contienen aceites esenciales en los pelos glandulares (Krenmayr *et al.* 2000). En los Andes centrales, las hojas jóvenes de paico menudamente picadas se añaden a las sopas, caldos, chupes y en la salsa de ají (Brack Egg 1999, Cordero 1911[1984], Krenmayr *et al.* 2000). Receta: Chupe verde.

Tabla 1: Nombres comunes y científicos de las especies de *Capsicum* usadas como condimento en los Andes centrales.

Nombre común	Nombre científico	País	Fuente
Ají	*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens*	Ecuador, Perú	Estrella 1986, Brack Egg 1999 (véase también para este vocablo procedido de varios términos locales)
Ají amarillo	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendulum*	Perú, Bolivia	Cárdenas 1989, Andrews 1984
Ají colorado	*C. baccatum* var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh o *C. pendulum* Willd.	Bolivia	Cárdenas 1989
Ají limo	*C. frutescens*	Perú	Custer 2000
Ají mirasol	*C. baccatum*	Perú	Custer 2000
Ají de Paute	*C. annuum*	Ecuador	Cordero 1984[1911]
Ají de Yunguilla	*C. annuum*	Ecuador	Cordero 1984[1911]
Ají Panka, panca	*C. chinense*	Perú	Cárdenas 1989, Custer 2000
Ají verde	*C. chinense* Jacq.	Bolivia	Cárdenas 1989
Angamarca	*C. pyramidale*? Mill.	Ecuador	Velasco 1998[1789]
Arivivi	*C. microcarpum* DC.	Bolivia	Cárdenas 1989
Cchojña-huayka	*C. chinense*	Bolivia	Cárdenas 1989
Chichi-uchu	*C. chinense* var. *chinchi-uchu*	Perú y Bolivia	Andrews 1984
Conde chu	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendulum*	Bolivia	Cárdenas 1989
Cusqueño	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendulum*	Perú	Andrews 1984
Escabeche	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendulum*	Perú	Cárdenas 1989
Kelle-uchu	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendulum*	Perú	Andrews 1984
Komer-uchu	*C. chinense*	Bolivia	Cárdenas 1989
Llata	*C. pubescens* var. *rocoto*	Andes	Andrews 1984
Lo'koti	*C. pubescens* var. *rocoto*	Andes	Andrews 1984
Lokoto	*C. pubescens*	Bolivia	Cárdenas 1989
Mukuru, mukurú	*C. tovarii*	Perú	Brack Egg 1999
Mutucho, mutu-uchu	*C. cerasiforme*? Willd.	Ecuador	Cordero 1984[1911]
Puca-uchu	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendulum*	Perú	Andrews 1984
Puka	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendulum*	Bolivia Bolivia	Cárdenas 1989
Ro'qote	*C. pubescens* var. *rocoto*	Andes	Andrews 1984
Rocotillo	*C. chinense* var. *rocotillo*	Perú	Andrews 1984
Rocoto	*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens*, *C. pubescens*, *C. pubescens* var. *rocoto*	Ecuador, Perú, Bolivia	Andrews 1984, Cordero 1984[1911], Dalby 2000, Estrella 1986, Krenmayr *et al.* 2000.
Rócot-uchu	*C. pubescens* var. *rocoto*	Andes	Andrews 1984
Rokkoto	*C. pubescens*	Perú	Cárdenas 1989
Uchu	*C. baccatum* var. *pendulum* o *C. pendului*, *C. pubescens*	Perú, Bolivia	Dalby 2000, Krenmayr *et al.* 2000, Brack Egg 1999 (véase también para este vocablo precedido de varios términos locales)
Ulupica	*C. cardenasii* Heiser & P.G.Sm.	Bolivia	Cárdenas 1989, Dalby 2000

Clinopodium L. (sinónimo *Satureja* L.), varias especies, Lamiaceae

Varias especies andinas se usan en infusiones aromáticas principalmente como digestivos: *C. nubigenum* (Colombia y Ecuador), se conoce en el Ecuador como sunfo o sunfillo (Varea 1922), *C. bolivianum* (Bolivia, Perú) y *C. pulchellum* (Bolivia) se conocen como inca muña y orégano de los Incas en Perú (Brack Egg 1999).

Drimys granadensis L. f., Winteraceae

La corteza de la cascarilla picante o canela se usa como sustituto de esta última en Ecuador y Perú (Acosta-Solís 1961, Brack Egg 1999). Esta especie se distribuye desde México hasta Brasil.

Escobedia grandiflora (L. f.) Kuntze (sinónimo *E. scabrifolia* Ruiz y Pav.), Orobanchaceae

La suana [...] produce [...] muchas raíces delgadas, cuyas cortezas tiñen de amarillo como azafrán, por lo cual la seca y venden por todo el Perú, y sirve de azafrán en los guisados (Cobo 1964[1653]: 207). De las raíces de esta planta americana, se obtiene un colorante amarillo para teñir las comidas. En Ecuador se conoce como azafrán quitense, en Perú como azafrán, azafranillo, palillo o suana y en Bolivia como palillo (Patiño 1964, Cárdenas 1989, Velasco 1998[1789], Brack Egg 1999). En Perú también se llama palillo al condimento asiático *Curcuma longa* (B. León, com. pers. 2005), por lo que es difícil saber a cuál de las especias se refieren los recetarios modernos.

Hedyosmum spp. (Chloranthaceae)

En varios países latinoamericanos las hojas aromáticas de arbolitos de varias especies son usadas como bebida refrescante o como sustituto del café o té y para calmar varias dolencias; *H. cumbalense* (Colombia a Perú) se usa localmente para saborear alcohol destilado en la provincia del Azuay, Ecuador (Todzia 1988). Las especies de este género se conocen como guayusa de monte o limoncillo.

Minthostachys (Benth.) Spach., varias especies, Lamiaceae

La muña es una planta que parece medio entre poleo [Mentha pulegium] y oregano [Origanum vulgare] (...) Es esta mata la de más aguda y penetrativa fragancia de cuantas he topado en estas Indias (Cobo 1964[1653]: 219). Con el nombre quechua de muña y otros (Tabla 2) se designan a plantas que producen un aroma parecido a la menta (Bastien 1987). Éstas pertenecen al género *Minthostachys* que consta de unas doce especies andinas. Las hojas y flores frescas o secas de estas especies se agregan a las comidas para equilibrarlas, como condimento en la preparación de carnes, en sopas y guisos y en la moderna pizza (Cordero 1911 [1984], Cárdenas 1989, Brack Egg 1999, Krenmayr *et al.* 2000, L. Cayola com. pers. 2005). En infusión tiene numerosas propiedades medicinales. El aceite esencial de *M. mollis* podría ser una fuente comercial como saboreador de menta y junto con otras especies podría servir como cultivo alternativo (Alkire *et al.* 1994). En Bolivia es conocida como muña o khoa y es utilizada para condimentar la sopa de pescado (trucha o algunas especies de *Orestias*) en el Lago Titicaca (M. Moraes, com. pers. 2006). Recetas: Chupe verde, lagua de maíz.

Myrcianthes hallii (O. Berg) McVaugh, Myrtaceae

En el Ecuador las hojas frescas del arrayán son una especia indispensable en la colada o mazamorra morada del Día de Difuntos. Es un

Tabla 2: Nombres comunes y científicos de las especies de *Minthostachys* usadas como condimento en los Andes centrales. Símbolos: * = Con este nombre común se conocen a varias especies de distintas familias.

Nombre común	Nombre científico	País	Fuente
Chancua, chamcuas	*M. mollis*, *M. tomentosa*	Perú	Brack Egg 1999
Hayamuña	*M. diffusa*	Perú	Krenmayr *et al.* 2000
Inkamuña	*M. andina*, *M. diffusa*, *M. mollis*, *M. setosa*, *M. tomentosa*	Perú	Krenmayr *et al.* 2000
Ismus, ismush, ismuná	*M. andina*, *M. diffusa*, *M. mollis*, *M. setosa*, *M. tomentosa*	Perú	Brack Egg 1999, Krenmayr *et al.* 2000
Muña	*M. mollis* (sinónimo: *Bystropogon mollis*)	Ecuador, Perú	Cordero 1984[1911], Estrella 1986, Brack Egg 1999
Orégano de altura	*M. mandoniana* (sinónimo: *Hedeoma mandoniana*)	Bolivia	Cárdenas 1989
Pachamuña	*M. andina*, *M. diffusa*, *M. mollis*, *M. setosa*, *M. tomentosa*	Perú	Krenmayr *et al.* 2000
Poleo	*M. mollis*	Ecuador	Estrella 1986
Poleo del país	*M. mollis*	Ecuador	Estrella 1986
Suelda con suelda*	*M. andina*	Perú	Brack Egg 1999
Tipo, Tifo, Tipu	*M. mollis*	Ecuador	Estrella 1986

árbol de tamaño mediano, nativo de los bosques andinos de Ecuador y Perú que contiene aceites esenciales. Según Brack Egg (1999), las hojas de una especie no determinada de este género, conocida con el mismo nombre vernáculo, son usadas en Perú como aromatizantes y condimentos para embutidos. Receta: Colada morada.

Ocotea quixos (Lam.) Kosterm., Lauraceae

En las provincias que por la parte oriental confinan con la diócesis de Quito, que aún están por pacificar, nace gran copia de unos árboles muy grandes que llamamos de canela (...) Pero lo que más se estima de estos árboles son unos capullos que dan, cuyo sabor y olor más se asemeja al de la canela (...) mas no es su sabor tan vivo y gustoso como el de la canela de la India Oriental (Cobo 1964[1653]: 254). Las referencias a la canela en América se remontan al primer viaje de Colón, cuando creyó haber encontrado árboles con corteza de la preciada especia *Cinnamomum zeylanicum*, que luego resultaron errados (Pardo Tomás & López Terrada 1993). En 1539 Gonzalo Pizarro se adentraría al oriente de Quito con unos 4.000 hombres en busca del legendario país de la canela. Sin embargo, los descubrimientos de esa trágica expedición sólo resultarían en un condimento, que nunca pudo competir con la calidad del asiático pese al interés que alguna vez hubiera por su explotación comercial (Estrella 1986, Frias Núñez 1994). Corresponde al denominado ishpingo o canela de Quijos, del cual más bien se aprovechan las copas secas, que corresponde a los cálices ensanchados leñosos que sostienen a los frutos. Son árboles que crecen en las estribaciones orientales andinas y en la región amazónica de Ecuador y posiblemente sur de Colombia (H. van der Werff, com. pers. 2005). Es una especia aromatizante muy apreciada

desde tiempos precolombinos tanto en las tierras bajas como en la sierra, región a donde llegó por medio de transacciones entre los pueblos (Estrella 1986). Actualmente en el Ecuador es ingrediente indispensable en la preparación de la colada morada para el Día de Difuntos. También tiene uso medicinal y en aceite para aromaterapia. Receta: Colada morada.

Opuntia Mill., Cactaceae

En Bolivia, los frutos de *O. cochabambensis* (Bolivia) y *O. soehrensii* (Perú a Argentina) son conocidos como ayrampu, los que se usan para colorear la chicha y sorbetes o helados para darles un color magenta más atractivo (Cárdenas 1989).

Porophyllum ruderale Cass., Asteraceae

Las hojas finamente picadas de la quillquiña o kirquiña se usan en Bolivia para dar un sabor agradable a salsas, chupes y sopas (Cárdenas 1989). La especie es nativa de América tropical. Receta: Lagua de maíz, llajua.

Schinus molle L., Anacardiaceae

En toda la mayor parte de lo poblado desta tierra se ven unos árboles grandes y pequeños, a quien llaman molles, (...) de una fruta muy menuda que cría este árbol hacen vino o brebaje muy bueno, y vinagre (Cieza de León 1962[1553]: 275). Este árbol se consideraba una botica entera para mil males (Velasco 1998[1789]: 126) con un sinnúmero de usos medicinales. Se conoce en los países andinos como molle, mulli o falsa pimienta (Figura 2). Crece en zonas secas andinas e interandinas, posiblemente nativa desde Ecuador hasta Argentina y se lo planta como árbol ornamental en aceras y parques. Los frutos del molle se usan como aromatizantes y para dar sabor por ejemplo a la chicha o vinagre, secos y molidos se usan como pimienta blanca o para adulterar a la verdadera pimienta [*Piper nigrum*, Piperaceae] y se consume en la industria de los embutidos, salchichas y carnes ahumadas (Acosta-Solís 1961, Estrella 1986, Brack Egg 1999). Contienen aceites esenciales, flavonoides y ácidos masticadienónicos (Teuscher *et al.* 2005). Como árbol ornamental ha sido introducido a varios países y naturalizado en México y California (USA); Perú y sur de la India son las áreas principales de exportación (Teuscher *et al.* 2005). Junto a *S. terebinthifolius* – una especie brasileña – se las cultiva como la exótica pimienta rosada, que se vende en mezclas tricolores (frutos enteros de molle y de la verdadera pimienta).

Tagetes L., varias especies, Asteraceae

Echa de sí esta yerba un olor algo aromático (...) y los indios la echan en sus guisados, porque les da buen olor y no mal gusto (Cobo 1964[1653]: 178). Varias especies andinas del género *Tagetes* se usan como condimentos: *T. minuta* (Perú a Paraguay) y *T. terniflora* (sinónimo *T. graveolens*, Colombia a Argentina) se conocen como huacatay en Perú y como wakatay, suico o chicchipa en Bolivia, mientras que *T. elliptica* (Perú) se conoce como chincho (ver Brack Egg 1999 para nombres adicionales locales peruanos). Son hierbas cuyas hojas y brotes jóvenes tienen glándulas con aceites esenciales aromáticos y son muy apreciados como condimento en los chupes, sopas, guisos y asados en los Andes centrales (Cordero 1911[1984], Cárdenas 1989, Brack Egg 1999, Krenmayer *et al.* 2000, Graña Aramburú 2002), especialmente en Perú y Bolivia. Se usan también para fines medicinales y con frecuencia se las encuentran en chacras, huertas y valles (Krenmayer *et al.* 2000). Receta: Lagua de maíz, chupe verde, ocopa, llajua.

Tropaeolum L. (Tropaeolaceae)

El ticsau es de las plantas volubles (...) La hoja es perfectamente redonda (...) la flor de color muy vivo entre amarillo y colorado (...) la flor como las

Fig. 2: Una de las primeras ilustraciones del molle (*Schinus molle*) en el trabajo de Monardes (1574). Cortesía colección de libros raros, biblioteca del Missouri Botanical Garden.

hojas desta yerba tienen un sabor muy parecido a el del mastuerzo [Lepidium sativum L.] a cuya causa la solemos llamar también mastuerzo de las Indias. Echanse sus flores en las ensaladas y son muy apetitosas (Cobo 1964[1653]: 183). Las flores, los botones florales y las hojas de dos especies andinas cultivadas de *Tropaeolum* son buenas para ensaladas o sopas por su sabor picante. Entre éstas podemos mencionar a las flores de la mashua (*T. tuberosum*) y del mastuerzo, capuchina o ticsau (*T. majus*) (White 1982, Brack Egg 1999, Krenmayr *et al.* 2000). La primera es más bien conocida como tubérculo andino comestible, cultivado desde tiempos precolombinos (ver capítulo de Cadima, este volumen). La segunda especie es popular en nuestros países como planta ornamental. Sin embargo, hay una tendencia moderna por volver a usar las flores como planta comestible y son favoritas de chefs de cocina internacional. Las plantas se cultivan fácilmente en huertas y son una

muy buena opción como cultivo alternativo orgánico.

Para finalizar voy regresar a la quinina, extraida de la cascarilla (*Cinchona officinalis* y otras especies de las Rubiaceae, figura 3) con que empecé este capítulo. No hay planta más importante que en los Andes centrales haya contribuido más a la historia de la botánica y la farmacéutica. Su historia sin embargo es el ejemplo perfecto de cómo los grupos indígenas y países con importantes recursos naturales son a menudo pirateados y relegados del círculo de provecho por las naciones industrializadas, las multinacionales y organizaciones de lucro (Taylor 2005). Al ser descubierta en las montañas de Loja al sur del Ecuador ha dado la vuelta al mundo llena de historias, mitos y leyendas, debido a los atributos de sus propiedades medicinales, febrífugas y antipalúdicas. De virtudes ya conocidas por los habitantes andinos, sería la reina en la corte de España, secreto de los Jesuitas, remedio durante las guerras de expansión del imperio inglés y víctima de la extracción desmedida

Fig. 3: Ilustración antigua de *Cinchona officinalis* (como *C. condaminea*) de la obra *Plantas Equinocciales* de Humboldt & Bonpland (1808-09). Cortesía colección de libros raros, biblioteca del Missouri Botanical Garden.

que casi conduce a su exterminación en los Andes (Acosta-Solís 1946, Moya 1994, Ortiz-Crespo 1995, 2002, Honigsbaum, 2001). Ha provocado más de un disgusto entre los botánicos y hasta Linneo cometió un error al darle su nombre (el género honra a la legendaria Condesa de Chinchón, pero al describirlo formalmente Linneo omitió la primera H). Las plantaciones fuera de América y la síntesis química del alcaloide defraudarían a la economía andina, pero últimamente serían la salvación de los bosques nativos, donde como en antaño sigue siendo usada como planta medicinal. Su uso culinario – tal vez insospechado – es en la coctelería a través de mezclas con agua tónica. La quinina extraida de la corteza de estos árboles da el sabor amargo a este tónico que ha conquistado el mercado de bebidas gaseosas, especialmente en Europa y Estados Unidos. Es anecdótico que después de más de cuatro siglos de su descubrimiento como tónico medicinal andino, regrese a nuestros países también en forma de tónico, esta vez gaseoso, para su deleite en cócteles. Receta: Pisco tonic.

¡Salud y buen provecho!

Agradecimientos

La biblioteca del Jardín Botánico de Missouri permitió el uso de su colección de libros raros y F. Keusenkothen escaneó las ilustraciones; M. Stiffler, bibliotecaria, diligentemente solicitó numerosos préstamos de libros a otras bibliotecas. A. L. Arbeláez, L. Cayola, A. Freire Fierro, B. León, O. M. Montiel, M. Moraes, S. Navia, R. Ortiz, J. Roque, J. Salick, J. Solomon, A. L. Ulloa y H. van der Werff me facilitaron recetarios de cocina, información o literatura pertinente. Este artículo fue presentado como conferencia magistral en el V Congreso Ecuatoriano de Botánica en la ciudad de Loja en noviembre de 2005. Mi agradecimiento especial a los organizadores de ese evento.

Referencias

Acosta, J. de. 1977 [1590]. Historia Natural y moral de las Indias. Hispaniae Scientia, Valencia. [Edición facsímile de 535 p. y tablas, material introductorio a la edición de 129 p.]

Acosta-Solís, M. 1946. Cinchonas del Ecuador. Editorial del Ecuador, Quito. 271 p.

Acosta Solís, M. 1961. Los bosques del Ecuador y sus productos. Editorial Ecuador, Quito. 348 p.

Aguirre Achá, A. G. de. 1957. La cocina en Bolivia. Segunda edición. Talleres Gráficos Bolivianos, La Paz. 226 p.

Alkire, B. H., A. O. Tucker & M. J. Maciarello. 1994. Tipo, *Minthostachys mollis* (Lamiaceae): an Ecuadorian mint. Economic Bot. 48: 60-64.

Andrews, J. 1984. Peppers, The domesticated *Capsicum*. University of Texas Press, Austin. 170 p.

Anónima. s/a. Doña Juanita: cocina tradicional del Ecuador. Graficart, Quito. 149 p.

Anónima. 2002. La cocina peruana: paso a paso. Lexus Editores, Barcelona. 272 p.

Anónima. 2005. Slow food contra comida chatarra. Periodista digital. Sitio web: http://www.periodistadigital.com/gastronomia/object.php?o=142252

Armelagos, G. 2003. Cultura y contacto: el choque de las cocinas mundiales. pp. 105-129 En: J. Long, J. (coord.) Conquista y Comida, Consecuencias del Encuentro de dos Mundos. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Bastien, J. W. 1987. Healers of the Andes: Kallawaya herbalists and their medicinal plants. Illustrations by Eleanor Forfang Stauffer University of Utah Press, Salt Lake City. 198 p.

Brack Egg, A. 1999. Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú. Ecología y desarrollo 5, CBC, Cusco. 550 p.

Cárdenas, M. 1989. Manual de Plantas económicas de Bolivia 2da edición. Editorial Los Amigos del Libro, Cochabamba. 333 p.

Carter, W. J. & W. W. Velasco (comp.). 1979. Epicurio andino. La Paz. 238 p.

Cieza de León, P. 1962[1553]. La crónica del Perú. Colección Austral, Madrid.

Cobo, B. 1964[1653]. Historia del Nuevo Mundo. Obras del Padre Bernabé Cobo, Biblioteca de Autores españoles, i-xlvii [introducción a la edición], 431 p.

Cordero, L. 1984[1911]. Estudios botánicos: Enumeración botánica de las principales plantas, así útiles como nocivas, indígenas o aclimatadas, que se dan en las provincias del Azuay y Cañar de la República del Ecuador. Departamento de Difusión Cultural de la Universidad de Cuenca, Cuenca. 240 p.

Correa Q., J. E. & H. Y. Bernal.1989-1998. Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Secretaria Ejecutiva del Convenio Andrés Bello, Bogotá. 12 vols.

Custer, T. 2000. The art of Peruvian cuisine. Ediciones Ganesha S.A., Lima. 271. p.

Dalby, A. 2000. Dangerous tastes: The story of spices. University of California Press, Berkeley & Los Angeles. 184 p.

Eshbaugh, W H. 1980. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). Phytologia 47: 153-166.

Eshbaugh, W. H., S. I. Guttman & M. J. McLeod. 1983. The origin and evolution of domesticated *Capsicum* species. J. Ethnobiol. 3: 49-54.

Estrella, E. 1986. El pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

Fernández de Oviedo y Valdés, G. 1535. La historia general de las Indias. Impr. Juam Cromberger. Sevilla.

Frias Núñez, M. 1991. Tras el dorado vegetal: José Celestino Mutis y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1808). Sevilla. 441 p.

FAOSTAT-Agriculture database 2005. Sitio web, última actualización febrero 2005. http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture.

Foppiani, L. D. 1958. El cocinero peruano. Librería Fénix, Lima. 182 p.

Foster, N. & L. S. Cordell (eds.). 1992. Chilies to chocolates, food the Americas gave the world. The University of Arizona Press, Tucson. 191 p.

Fried, M. O. 1999. Comidas del Ecuador: recetas tradicionales para gente de hoy (y novedades de quinoa). Artes Gráficas Señal, Impreseñal Cía., Quito. 179 p.

Fuchs, L. 1546. De historia stirpium commentarii insignes. Ioannem Roigny, París.

Garcilaso de la Vega, Inca. 1991[1609]. Comentarios reales de los incas. Fondo de Cultura Económica, 2 volúmenes, Lima. 880 p.

Graña Aramburú, F. 2002. Mis recetas de cocina criolla peruana. Recetario de cocina peruana I. Universidad San Martín de Porres, Lima. 224 p.

Honigsbaum, M. 2001. The fever trail: The hunt for the cure for malaria. Macmillan, Londres. 333 p.

Humboldt, A. von & A. Bonpland. 1808-09. Plantes équinoxiales recueillies au Mexique: dans l'île de Cuba, dans les provinces de Caracas, de Cumana et de Barcelone, aux Andes de la Nouvelle Grenade, de Quito et du Pérou, et sur les bords du rio-Negro de Orénoque et de la rivière des Amazones. Voyage de Humboldt et Bonpland, Sixième partie, Botanique. Schoell, París.

Krenmayr, I., D. Casas R., J. Chaytor, B. Graf & J. Sánchez C. 2000. Plantas en la cultura andina. CEDEPAS, Huancayo. 297 p.

Long, J. (coord.). 2003. Conquista y comida, consecuencias del encuentro de dos mundos. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 533 p.

McLeod, M. J., S. I. Guttman & W. H. Eshbaugh. 1982. Early evolution of chili peppers *(Capsicum).* Economic Bot. 36: 361-368.

Misia-Peta. 1979. Cocina peruana. Octava edición. Editorial Mercurio, Lima. 296 p.

Moya, L. A. 1994. Auge y crisis de la cascarilla en la Audiencia de Quito, Siglo XVIII. FLACSO, Quito. 251 p.

Monardes, N. 1574. De simplicibus medicamentis ex occidentali India delatis quorum in medicina usus est. Interprete Carolo Cliusio Atrebate. Christophori Plantini.

NRC. 1989. Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington, D.C. 407 p.

Olivas Weston, R. 1996. La cocina en el Virreinato del Perú. Universidad de San Martín de Porres, Lima. 421 p.

Olivas Weston, R.1999. La cocina cotidiana y festiva de los limeños en el siglo XIX. Universidad de San Martín de Porres, Lima. 181 p.

Olivas Weston, R. 2001. La cocina de los incas: costumbres gastronómicas y técnicas culinarias. Universidad de San Martín de Porres, Lima. 184 p.

Ortiz-Crespo, F. 1995. Fragoso, Monardes and pre-Chinchonian knowledge of *Cinchona.* Archives Natural Hist. 22(2): 169-181.

Ortiz-Crespo, F. I. 2002. La corteza del árbol sin nombre: Hacia una historia congruente del descubrimiento y difusión de la quina. Fundación Fernando Ortiz Crespo, Quito. 90 p.

Pardo Tomás, J. & M. L. López Terrada.1993. Las primeras noticias sobre plantas americanas en las relaciones de viajes y crónicas de Indias (1493-1553). Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia, Universitat de València-CSIC, Valencia. 356 p.

Paredes-Candia, A. 1986. La comida popular boliviana. Librería Editorial Popular, La Paz. 408 p.

Patiño, V. M. 1964. Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Tomo II: Plantas alimenticias. Imprenta Departamental, Cali. 364 p.

Pérez Arbeláez, E. 1978. Plantas útiles de Colombia. Cuarta edición, Litografía Arco, Bogotá. 832 p.

Pickersgill, B. 1984. Migrations of chili peppers, *Capsicum* spp., in the Americas, p. 105-123. En: D. Stone (ed.). Pre-Columbian Plant Migration. Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology. vol. 76. Harvard Univ. Press, Cambridge.

Prance, G. T. 1984. The papaya, *Carica papaya* L. pp. 92-104. En: D. Stone (ed.). Pre-Columbian Plant Migration. Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology. vol. 76. Harvard Univ. Press, Cambridge.

Roth, I. & H. Lindorf. 2002. South American medicinal plants: botany, remedial properties and general use. Springer-Verlag, Berlín. 492 p.

Rosengarten, F. Jr. 1969. The book of spices. Livingston Publishing Company, Wynnewood. 489 p.

Super, J. C. 2003. Libros de cocina y cultura en la América Latina temprana. Pp. 452-468 En: J. Long, J. (coord.) Conquista y Comida, Consecuencias del Encuentro de dos Mundos. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Swahn, J. O. 1991. The lore of spices. Their history, nature and uses around the world. AB Nordbok, Gotenburgo. 208 p.

Taylor, L. 2005. The healing power of rainforest herbs: a guide to understanding and using herbal medicinals. Square One Publishers, Garden City, Nueva York. 535 p.

Teuscher, E., R. Anton & A. Lobstein. 2005. Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Lavoisier, París. 522 p.

Todzia, C. A. 1988. Chloranthaceae: *Hedyosmum.* Fl. Neotropica Monogr. 48: 1-139.

Ugent, D., S. Pozorski & T. Pozorski. 1984. New evidence for ancient cultivation of *Canna edulis* in Peru. Economic Bot. 38: 417-432.

Varea Q., M.T. 1922. Botánica médica nacional. Tip. Vicente León, Latacunga. 161 p.

Velasco, J. de. 1998[1789]. Historia del Reino de Quito. Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, Quito. 504 p. [incluye material a esta edición].

White, A. 1982. Hierbas del Ecuador: plantas medicinales (Herbs of Ecuador: medicinal plants). Ediciones Libri Mundi, Quito. 379 p.

Anexo 1: Recetas criollas. De estas recetas hay infinitas variaciones. El asterisco denota especies mencionadas en el texto.

Ají de tomate de árbol (Ecuador), salsa.
2 ajíes* colorados, 4 tomates de árbol (*Solanum betaceum*), 1 cucharada de aceite vegetal o de oliva, 2 cucharadas de cebolla blanca picada, 1/2 taza de chochos (tarwi, *Lupinus mutabilis*) pelados, 1 cucharadita de perejil picado, 1 cucharadita de culantro picado, sal al gusto. Retirar las semillas del ají. Pasar los tomates por agua hirviendo por 1-2 minutos para sacarles la cáscara, pelar los tomates. Licuar juntos el ají y el tomate y añadir más o menos 1/2 taza de agua hervida fría hasta formar una salsa. Mezclar con el resto de ingredientes. Esta salsa sirve para acompañar varios platos y se puede mantener refrigerada por una semana. Fuentes: Anónima s/a, Fried 1999, A. L. Ulloa com. pers. 2005.

Chupe verde (Perú), sopa.
150 gr de queso fresco serrano, 1 litro de caldo blanco, 1/2 kilo de ollucos (mellocos o papa lisa), 2 huevos, 2 ramas de muña*, 1 rama de paico*, 2 ramas de chincho*, 1 rama de ruda (*Ruta graveolens*). Se cortan los ollucos al estilo juliana, cocerlos con el caldo, añadir las hierbas picadas en tiras finas y agregar el queso desmenuzado y los huevos batidos. Servir caliente. Fuentes: B. León & J. Roque com. pers. 2005.

Colada morada (Ecuador; otras variaciones llamadas api, mazamorra o chicha en los países centro-andinos), bebida.
1 taza de harina de maíz negro + 4 tazas de agua, 1 ishpingo*, 2 ramas de canela, 6 pimientas dulces*, 6 clavos de olor + 4 tazas de agua, 1 taza de azúcar, 1 taza de jugo de mora, 1 taza de jugo mortiños (*Vaccinium floribundum*), 1/2 taza de jugo de naranjilla (*Solanum quitoense*), 1 piña lavada, cortada en trocitos + las cáscaras, 1/2 taza de babaco (*Vasconcellea x heilbornii*) picado en cuadraditos, 1/2 taza de frutillas (fresas) partidas, 1 atado de hierbas (una rama de: cedrón (*Lippia citriodora*), hierba luisa, arrayán*, sangoracha*, 4 hojas de naranja). El día anterior: Disolver la harina en dos tazas de agua fría y luego añadir 2 tazas de agua caliente. Mezclar. Tapar la olla y dejarla reposar hasta el día siguiente. Segundo día: En otra olla hervir 4 tazas de agua y añadir las especias y las cáscaras de piña, cocinar por 20 minutos. Cernir. En una olla grande de fondo grueso cernir la harina y cocinar a fuego lento añadiendo poco a poco el agua de las especias. Luego añadir los jugos de frutas y el azúcar. Cocinar a fuego muy bajo por 30-40 minutos moviendo constantemente con una cuchara de palo para que no se asiente en el fondo, hasta obtener una mezcla algo espesa de color oscuro brillante y que no tenga sabor a harina. Si es necesario añadir más agua y azúcar. Finalmente agregar el atado de hierbas y la piña en trocitos y cocine por 5 minutos. Retirar del fuego y añadir el babaco y las frutillas. Servir fría o caliente. En el Ecuador es una bebida para conmemorar el Día de Difuntos y se sirve con panecillos llamados guaguas de pan. Fuentes: Anónima s/a, Fried 1999, A. L. Ulloa com. pers. 2005.

Lagua de maíz (Bolivia), sopa.
1 taza de maíz seco, 1/4 kg de carne de res o charque (carne seca), 1 tomate picado, 1 cebolla picadita, una taza de arvejas y habas, un diente de ajo, 1 ó 2 ajíes* colorados, 1 cucharadita de comino, 3 papas peladas y partidas, 4 cucharadas de hierbas aromáticas (wakatay*, quillquiña*, oregano de altura* o común), sal al gusto. Retostar el maíz en una sartén sin manteca. Moler bien en el batán hasta obtener una harina y desleír en medio litro de agua fría. Preparar un caldo con la carne en dos litros de agua y hervirlo una hora. Colar y guardar el caldo. Aparte cocinar el tomate con el ajo, las habas y arvejas, el ají molido, el comino y la sal por 20 minutos. Añadir al caldo. Añadir las papas y el maíz. Mecer con cuchara de palo hasta que estén cocidas las papas. Al servir espolvoree con las hierbas. Fuentes: Aguirre Achá 1957, Paredes 1986.

Llajua (Bolivia), salsa.
1 tomate, 1 ají amarillo* o locoto *fresco o retostado y sin pepas, 2 ramas de wakatay*, 2 ramas de perejil, 2 ramas de quillquiña*, 1 cucharada de cebolla picada, sal al gusto. Se muele todo en el batán, se añade sal y la cebolla. Fuentes: Aguirre Achá 1957, Carter & Velasco 1979, Paredes 1986.

Ocopa (Perú), salsa.
1 atado de huacatay*, 1/4 de kilo de queso fresco, 1/4 de kilo de maní tostado y pelado, 1 taza de leche evaporada, 4 galletas de vainilla, 5 ajíes* mirasol. Se muele en el batán el huacatay junto con el queso y el maní. Este molido se coloca en un tazón y se afloja mediante chorros de aceite, se le agrega las galletas molidas. Si la salsa se desea picante se le añaden los ajíes molidos. Servir sobre papas, yucas, carnes o mariscos. Fuentes: Foppiani 1958, Misia-Peta 1979, Custer 2000, Anónima 2002.

Pisco tonic (Perú), cóctel.
1 copa (60 cc) de pisco, 4-5 cubos de hielo, agua tónica con quinina*, limón. En un vaso largo poner el pisco, el hielo y la rodaja de limón, llenar con el agua tónica. Fuente: www.piscoshop.com; www.ocucaje.com

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 329-346.

Frutos comestibles

Adriana Sanjinés Asturizaga[1,2], Benjamin Øllgaard[2] & Henrik Balslev[2*]

[1]Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés,
Casilla Postal 10077, La Paz, Bolivia
email: bioasa@biology.au.dk
[2*]Department of Biological Sciences, University of Aarhus, Building 1540,
Ny Munkegade, DK-8000 Aarhus C, Denmark
email: benjamin.oellgaard@biology.au.dk, henrik.balslev@biology.au.dk

Abstract

The distribution, ecology, morphology and uses of 20 little known species of edible fruits from the central Andes of Ecuador, Peru and Bolivia are described. These are grown in the inter-Andean valleys and are commonly marketed in local markets of large towns throughout the region. These fruits constitute a great commercial potential because of their excellent quality, especially for direct consumption. Fruits such as the chirimoya (*Annona cherimola*), mortiño (*Vaccinium floribundum*), pacae (*Inga feuillei*), granadilla (*Passiflora ligularis*), curuba de indio (*Passiflora mixta)*, taxo (*Passiflora mollissima*), galupa (*Passiflora pinnatistipula*), granadilla de quijos (*Passiflora popenovii*), capulí (*Prunus serotina* ssp. *capuli)*, mora de Castilla (*Rubus glaucus*), lúcuma (*Pouteria lucuma*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), pepino dulce (*Solanum muricatum*), and naranjilla (*Solanum quitoense*) are eaten fresh or used as ice cream flavor, deserts and refreshing drinks. Other species, such as sauco (*Sambucus peruviana*), chamburo (*Vasconcella cundinamarcensis*), col de monte (*Vasconcella monoica*), babaco (*Vasconcella x heilbornii*), toronche (*Vasconcella stipulata*), and uvilla (*Physalis peruviana*), are used for jam, juices, nectar, preserves, and dried pulp. Some fruits are exported to Europe, United States and Japan as exotic fruits from the Andes.
Key words: Edible fruits, Central Andes, Ecuador, Peru, Bolivia.

Resumen

Se describe la distribución, ecología, morfología y usos de veinte especies de frutos comestibles poco conocidos nativos de los Andes Centrales de Ecuador, Perú y Bolivia. Los frutos se cultivan en valles interandinos y se los comercializa regularmente en los mercados locales de las grandes ciudades y provincias. Presentan gran potencial comercial debido a la excelente calidad de los frutos para el consumo directo. Frutos como la chirimoya (*Annona cherimola*), mortiño (*Vaccinium floribundum*), pacae (*Inga feuillei*), granadilla (*Passiflora ligularis*), curuba de indio (*Passiflora mixta)*, taxo (*Passiflora mollissima*), galupa (*Passiflora pinnatistipula*), granadilla de quijos (*Passiflora popenovii*), capulí (*Prunus serotina* ssp. *capuli)*, mora de Castilla (*Rubus glaucus*), lúcuma (*Pouteria lucuma*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), pepino dulce (*Solanum muricatum*) y naranjilla (*Solanum quitoense*) son consumidos frescos o utilizados principalmente en la elaboración de helados, postres y bebidas refrescantes. Mientras que otros como el sauco (*Sambucus peruviana*), chamburo (*Vasconcella cundinamarcensis*), col de monte (*Vasconcella monoica*), babaco (*Vasconcella x heilbornii*), toronche (*Vasconcella stipulata*) y uvilla (*Physalis peruviana*) constituyen la base para la elaboración de mermeladas, jugos, néctares, conservas y pulpa deshidratada. Actualmente, varios se exportan a Europa, Estados Unidos y Japón bajo la denominación de frutos andinos exóticos.
Palabras clave: Frutos comestibles, Andes centrales, Ecuador, Perú, Bolivia.

Introducción

La región andina – uno de los mayores centros de domesticación de plantas del mundo (Vavilov 1960) – fue escenario de civilizaciones que desarrollaron una agricultura autóctona con la domesticación de un gran número de especies de plantas nativas. En la franja altitudinal más alta a 2.500-4.300 m se domesticaron granos como: amaranto (*Amaranthus caudatus*), quinua (*Chenopodium quinua*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), tarwi (*Lupinus mutabilis*); tubérculos como isaño (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), papas amargas (*Solanum* spp.), ulluco (*Ullucus tuberosus*) y raíces como maca (*Lepidium meyenii*) y mauka (*Mirabilis expansa*). A niveles más bajos, a 1.500-3000 m de altitud, se domesticaron otras raíces y tubérculos como achira (*Canna edulis*), ahipa (*Pachyrrhizus ahipa*), arracacha (*Arracacia xanthorriza*), papas (*Solanum* spp.) y yacón (*Smallanthus sonchifolius*). También numerosos especies frutales como chirimoya (*Annona cherimola*), lúcuma (*Pouteria lucuma*), varias granadillas (*Passiflora* spp.), naranjilla (*Solanum quitoense*), pacae (*Inga feuillei*), varias papayas de altura (*Vasconcella* spp.), pepino dulce (*Solanum muricatum*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (León 2000).

El cultivo de estas especies fue la base alimenticia durante siglos de una gran población andina hasta la llegada de los españoles, periodo en que las especies nativas fueron reemplazadas por especies exóticas traidas de Europa. Cultivos de trigo, arroz, hortalizas y cítricos se hicieron rápidamente prominentes, dejando relegados y casi en el olvido al menos a una docena de raíces y tubérculos, tres granos, tres legumbres y más de una docena de frutos nativos.

Hoy en día, a pesar de la predominancia de los cultivos introducidos, todavía persisten cultivos tradicionales en los altos Andes y valles interandinos que aún siguen siendo la base de alimentación de comunidades indígenas. Por ejemplo, es posible encontrar una variedad de frutos nativos que son de particular importancia para campesinos y pequeños agricultores, debido a que pueden ser cultivados fácilmente alrededor de sus casas, chacras y huertas; constituyéndose en un recurso importante como alimento y como una pequeña fuente de ingresos por la venta de los mismos (NRC 1989). Por otro lado, los mercados, tanto en las ciudades como en las provincias, están bien surtidos de frutas importadas exóticas y de producción nacional, como la manzana (*Malus domestica*), uva (*Vitis vinifera*), naranja (*Citrus aurantium*), mandarina (*Citrus reticulata*), durazno (*Prunus persica*) y ciruela (*Prunus domestica*), cuya calidad universalmente reconocida ha hecho que se olviden los frutos nativos o que se pierda el gusto o la costumbre de comerlos (Vásquez & Coimbra 2002).

Actualmente, muchos frutos andinos están recobrando su valor, dado el gran potencial comercial que presentan por la excelente calidad de los frutos para el consumo directo. Varios frutos se constituyen en la base de una agroindustria de mermeladas, jaleas, jugos, néctares, conservas en almíbar y pulpa deshidratada. Además, bajo la denominación de frutos andinos exóticos, su demanda se ha incrementado en Norte América, Europa y Japón para ser comercializados en tiendas exclusivas, donde los consumidores pagan costosos precios por fruta fresca traida del otro lado del mundo, tal es el caso de la chirimoya, naranjilla, pepino, granadilla y tomate de monte.

El presente capítulo tiene por objeto ofrecer al público información general sobre la distribución, ecología, morfología y usos de más de veinte especies con frutos comestibles nativas poco conocidas de los Andes centrales de Ecuador, Perú y Bolivia (Tabla 1).

Annonaceae

Bajo esta familia se estima que hay más de 2.500 especies, entre ellas varias tienen frutos comestibles, especialmente en los géneros *Annona* y *Rollinia* (Tapia 1997, Smith *et al.* 2004).

En los valles interandinos, Amazonía y Mesoamérica los indígenas cultivaron cuidadosamente muchas especies, como *Annona cherimola*, *A. muricata* y *A. squamosa*. Actualmente, *A. chirimoya* es la más común y conocida en los Andes centrales.

Chirimoya (*Annona cherimola* Miller)

La chirimoya, conocida como "la reina de las frutas subtropicales" (NRC 1989) es originaria de los valles fríos, pero libres de heladas de los Andes en el sur de Ecuador. Ocurre comúnmente entre 1.500 m y 2.000 m y se la encuentra creciendo silvestre, en huertas y jardines. Se conocen excelentes cultivares cultivados a escala comercial en España, Chile, Australia, Israel y USA (Gardiazabal & Rosenberg 1993).

Es un árbol que alcanza hasta 8 m de altura con copa abierta, ramas cilíndricas y grisáceas. Las hojas son alternas, ovadas a elípticas, oscuras en el lado superior y con pubescencia fina en el lado inferior. Las flores crecen opuestas a las hojas, son solitarias o en grupos de dos o tres, con pedúnculos cortos que penden de las ramas. El fruto es del tipo agregado o sincarpio con forma cónica, oval, irregular o de corazón, de color verde musgo y cáscara fina o dura, usualmente con una superficie escamosa o con prominentes protuberancias, pesa alrededor de 0.5 kg y algunos pueden llegar a 3 kg (Figura 1). Las semillas son aplanadas y elipsoides de color castaño claro o negro.

Tabla 1: Lista de familias, especies y nombres comunes de algunos frutos comestibles de los Andes centrales.

Familia	**Nombre científico**	**Nombre común**
Annonaceae	*Annona cherimola*	chirimoya
Caprifoliaceae	*Sambucus peruviana*	saúco, uvilla, uva de la sierra, rayán, layán
Caricaceae	*Vasconcella cundinamarcensis*	chamburo, papaya de altura, chiglacón, papaya de monte, papayuela
	Vasconcella x heilbornii	babaco
	Vasconcella monoica	col de monte
	Vasconcella stipulata	toronche, siglalón
Ericaceae	*Vacccinium floribundum*	mortiño
Fabaceae	*Inga feuillei*	pacae, guaba, guama
Passifloraceae	*Passiflora ligularis*	granadilla
	Passiflora mixta	taxo, curuba de indio
	Passiflora mollisima	taxo, tumbo, trompos, tintin, curaba
	Passiflora pinnatistipula	galupa, tintin, poroporo
	Passiflora popenovii	granadilla de quijos
Rosaceae	*Rubus glaucus*	mora de castilla
	Prunus serotina subsp. *capuli*	capulí, cereza, guinda, cherry
Sapotaceae	*Pouteria lucuma*	lúcuma
Solanaceae	*Cyphomandra betacea*	tomate de árbol, tomatillo, tomate de monte, lima tomate
	Physalis peruviana	uvilla, uchuba, aguimanto, motojobobo embolsado, capulí, topotopo
	Solanum quitoense	naranjilla, lulo, lulo de Quito
	Solanum muricatum	pepino dulce, pepino, xachum, kachuma, mataserrano

Los frutos son de agradable sabor, cremosos, jugosos y con alto contenido de azúcar. Se consume preferentemente como fruta fresca, se cortan en dos y se come con una cucharilla. Son usados principalmente para la elaboración de helados, néctares y ensaladas de frutas. También se licúan para cubrir helados, mousses y con el jugo se elabora un delicioso vino. En Chile la chirimoya es favorita en waffles y galletas y en Perú es muy popular como helado y yogurt (NRC 1989). En Bolivia, la chirimoya es una fruta de mesa y se la utiliza para preparar sorbetes y helados (Cárdenas 1989).

Caprifoliaceae

Las caprifoliáceas incluyen mundialmente a 445 especies; muchas son usadas como ornamentales (*Lonicera*, *Kolkwitzia*, *Symphoricarpos*, *Viburnum*). El género *Sambucus* con 20 especies distribuidas en zonas templadas y subtropicales del mundo, se usa como ornamental, fuente de colorantes, para hacer vino y por sus frutos comestibles.

Saúco (*Sambucus peruviana* Kunth)

El saúco es originario de Perú y regiones adyacentes; actualmente se distribuye desde Ecuador, Perú, Bolivia y norte de Argentina, entre 2.800 m y 3.900 m. No se lo encuentra en estado silvestre, pero es comúnmente cultivado alrededor de casas, patios y corrales. Crece bien en suelos húmedos al borde de huertos y chacras.

Es un arbolito de 3–6 m de altura, pero puede llegar a alcanzar hasta 12 m, su tronco es cilíndrico a veces torcido, la copa irregular y de un color verde claro característico. Las hojas son compuestas, con 7-9 foliolos, oblongos y puntiagudos en el ápice, con bordes aserrados y nervaduras bien marcadas. Las flores están dispuestas en racimos vistosos, de color blanco, ligeramente fragantes. Los frutos parecen ser bayas pero en realidad son drupas debido a que las tres pequeñas semillas que se encuentran en cada fruto están individualmente rodeadas por una capa dura formada por el interior del pericarpio. Son pequeños, esféricos de 5-6 mm

Fig. 1: Frutos de chirimoya en venta en el mercado de La Paz. Su pulpa es de agradable sabor, jugosa y con un alto contenido de azúcar. Foto: Adriana Sanjinés.

de diámetro, rojos a negros al madurar y dispuestos como en racimos de uvas.

Los frutos del saúco son jugosos y de sabor agridulce, ricos en vitamina C. Se pueden consumir como fruta fresca y en jugos pero su mayor uso es en forma de mermelada. Las flores también se utilizan para preparar refrescos remojándolas en un poco de vinagre blanco agregando agua y azúcar. Además de sus frutos, las hojas del saúco se emplean para teñir de azul metálico, en artesanía se emplean sus tallos jóvenes para hacer quenas y sopladores para atizar el fuego. En Perú el saúco es importante porque sirve para la pequeña industria campesina de producción de mermeladas (www.ciedperu.org).

Caricaceae

Caricaceae es una familia pequeña con 33 especies distribuidas en cinco géneros, de los cuales cuatro (*Carica*, *Jacaratia*, *Jarilla*, *Vasconcella*) ocurren en América tropical, mientras que *Cyclixomorpha* con dos especies se distribuye en África.

La caricácea más conocida es la papaya (*Carica papaya*), de la cual no se conoce su origen geográfico preciso, pero podría ser el sur de México o las tierras adyacentes en América Central. Sin embargo, en climas subtropicales de los Andes y a altitudes donde no se puede cultivar la papaya, crecen algunos de sus parientes silvestres conocidos como papayas de montaña o de altura (NRC 1989), pertenecientes al género *Vasconcella*, que se distribuye desde Colombia hasta Bolivia. Crecen en su mayor parte en estado silvestre sobre 1.000 m de altitud (Scheldeman *et al.* 2003) y comparadas con la papaya, las papayas de montaña tienden a ser pequeñas, menos suculentas y diferentes, pero a menudo muy agradables en sabor. Los frutos son consumidos frescos, asados, en jugos, en mermeladas o en preservas. Solo *Vasconcella x heilbornii* conocida comercialmente como babaco, es cultivada a nivel comercial en Ecuador (Scheldeman *et al.* 2003).

Chamburo (*Vasconcella cundinamarcensis* V.M. Badillo)

Anteriormente las especies de *Vasconcella* estaban clasificadas dentro del género *Carica*, pero hoy se considera que éste es monotípico con una sola especie – *Carica papaya* – mientras que las demás especies se clasifican bajo el género *Vasconcella*.

Vasconcella cundinamarcensis es nativa de los Andes de Colombia, Ecuador y Perú; se distribuye desde Panamá hasta Bolivia y parte de Chile. Crece en áreas desde los altiplanos secos y ventosos hasta bosques húmedos y nublados en las tierras altas entre 1.600 m y 3.000 m. Es la especie de papaya más común y está frecuentemente cultivada a lo largo del sistema de los Andes.

Las plantas son arborescentes, con un tronco grueso de hasta de 10 m de altura, frecuentemente ramificado y cubierto por las cicatrices de las hojas y muy similar a la papaya común. Puede ser distinguida por la variabilidad en la forma de sus hojas, con cinco a siete lóbulos recortados y poco profundos, así como por la pubescencia en el lado inferior. La inflorescencia masculina es un racimo de flores verdosas, pubescentes por fuera, con el tubo largo terminado en cinco pétalos. Las flores femeninas crecen en racimos cortos de pocas flores, la corola es amarillo-verdoso y el pistilo ovoide termina en un estilo muy ramificado. El fruto es una baya elipsoidal a ovoide de 5–15 cm de longitud, amarillo a naranja en la madurez, con cinco surcos o depresiones anchas. La pulpa es delgada, acuosa, aromática y ácida, con un contenido medio de papaína. El interior del fruto contiene muchas semillas puntiagudas.

Los frutos son comestibles verdes o maduros y varían grandemente en el dulzor, algunos pueden ser consumidos en fresco, pero la mayoría deben ser cocinados. Son aptos para ser rellenados con frutas y vegetales debido a que el interior del fruto mantiene su forma durante la cocción. Con los frutos se

obtiene un jugo claro y son excelentes para preparar pies, helados, mermeladas o dulces. Las rodajas finas pueden ser preservadas en soluciones de azúcar y usadas para acentuar las carnes. Las preservas enlatadas son producidas en Chile (NRC 1989).

Babaco (*Vasconcella x heilbornii* (V.M. Badillo) V.M. Badillo)

El babaco es un híbrido estéril entre *V. cundinamarcensis x V. stipulata*. Es la única especie de papaya de altura que es cultivada a nivel comercial en Ecuador a elevaciones por encima de los 1.000 m. Ha sido cultivado desde antes de la llegada de los europeos y fue introducida a Nueva Zelanda donde se desarrolla comercialmente.

Es un arbusto herbáceo pequeño que puede alcanzar los 4 m de altura. El tallo erecto no leñoso presenta cicatrices foliares típicas de otras caricáceas, raramente presenta ramificaciones pero brotes a menudo aparecen alrededor de la base. Las hojas son grandes, palmadas con prominentes nervaduras. Las flores se forman sobre el tronco recientemente desarrollado durante la fase de crecimiento de la planta, todas son femeninas y usualmente solitarias sobre el final de un largo tallo péndulo que se desarrolla en cada axila foliar. Los frutos son bayas elipsoidales de hasta 30 cm de largo y de 6-12 cm de diámetro, con cinco depresiones anchas. La pulpa es blanca, muy jugosa, ligeramente ácida cuando madura y baja en azúcar. Los frutos son partenocárpicos y no presentan semillas.

Los frutos del babaco son muy sabrosos y con sabor y aroma diferente al de la papaya común. Este sabor distintivo ha sido descrito por tener matices de sabor a frutilla, piña y papaya. El babaco es importante localmente como jugo o preserva y es extensamente usado en cocina para preparar dulces, salsas y una variedad de postres.

Col de monte (*Vasconcella monoica* (Desf.) V.M. Badillo)

Crece en la vertiente oriental de los Andes, desde el Ecuador hasta Bolivia, mayormente en áreas con alta precipitación y temperaturas templadas, entre 600 m y 1.700 m de elevación. Es comúnmente encontrada en cultivos en Ecuador y este de Perú.

Es un subarbusto de hasta 3 m de altura con tallo principal poco ramificado y cicatrices foliares conspicuas, tiene la apariencia de una pequeña palmera. Las inflorescencias son cortas con varias flores blancas, masculinas en la base y una femenina en el ápice. Los frutos son pequeñas bayas esféricas o elipsoidales, de 10-15 cm, amarillos o rojizos en la madurez, con cinco lados y cáscara lisa y dura. La pulpa es firme, anaranjada o intensamente amarilla, de ligero gusto y un alto contenido de papaína.

Se la cultiva principalmente por las hojas y frutos. Algunos frutos pequeños y aromáticos pueden ser consumidos crudos, usualmente mezclados con otras frutas, pero generalmente son cocidos con azúcar y limón para preparar dulces y mermeladas. Son también aptos para preparar bebidas con agua y con leche. Las hojas maduras y las plántulas son cocidas como verduras, de ahí el nombre de "col de monte".

Toronche, siglalón (*Vasconcella stipulata* (V.M. Badillo) V.M. Badillo)

Esta especie está limitada a la región central-sur del Ecuador entre 1.600 m y 2.500 m de altitud, en sitios bien drenados, pendientes y frecuentemente pedregosos, con clima montano húmedo hasta seco.

Es una planta arbustiva hasta arbórea que alcanza 10 m de altura, el tronco es a veces ramificado con cicatrices foliares grandes. La especie se caracteriza principalmente por dos estípulas espiciformes a ambos lados de la base de la hoja. Las inflorescencias masculinas son densas y cortas con flores sésiles de color

amarillo-rojizo; las inflorescencias femeninas son paucifloras y corto pedunculadas, de color igual a las masculinas. El fruto es una baya de color amarillo, de 8-10 cm de largo por 4-4.5 cm de ancho, con diez surcos más o menos profundos. En comparación con la papaya común, los frutos son bastante pequeños, pero se dice que son las mejores papayas para mermeladas y salsas. Generalmente, los frutos son cocinados con azúcar y consumidos en dulces, también son hervidos, molidos y azucarados para preparar jugos de frutas, normalmente combinados con otros jugos.

Ericaceae

Las Ericáceas tienen 4.500 especies a nivel mundial y alrededor de 900 especies en América tropical (Smith *et al*. 2004). *Vaccinium* es uno de los géneros más grandes de la familia con 450 especies que se distribuyen desde Asia hasta los Andes, donde está representado por 40 especies.

Mortiño (*Vaccinium floribundum* L.)

Una de estas especies es *Vaccinium floribundum*, el mortiño, que es especialmente abundante en el norte de los Andes, Colombia, Bolivia, Perú y Venezuela. Se encuentra entre 1.400 m y 4.350 m en páramos y bosques húmedos montanos. No se conoce que existan cultivos comerciales, sino únicamente pequeñas parcelitas y chaparros de montaña donde la fruta crece en forma silvestre. En Ecuador el mortiño - comercializado en mercados locales y a menudo en las ciudades - se obtiene únicamente de las plantas silvestres de los páramos andinos. El mortiño de los Andes es diferente del *blueberry* (nativo de Norte América) y que se comercializa en el mercado internacional, por lo que en Ecuador está siendo promocionado como *Andean blueberry*.

Es un arbusto pequeño de hasta 3.5 m de altura con hojas pequeñas, coriáceas, elípticas a ovado lanceoladas y márgenes finamente aserrados. Las inflorescencias son racimos que salen de las axilas de tallos y hojas, con 6-10 flores pequeñas con cáliz articulado, corola con forma de olla de color blanco, rosa o rojo. El fruto es una baya esférica de 5-8 mm de diámetro de color entre azul y azul oscuro, lisa a veces glauca.

Es una fruta de fácil uso pues no es necesario ni pelarla ni cortarla. Se consume en fresco, como complemento en ensaladas de frutas, vegetales y mezclados con cereales y yogurt. Por su sabor fuerte y agradable se la utiliza en la preparación de salsas, acompañamientos para diversos platos de carnes y preparaciones de tipo gourmet, además de rellenos para *pies*, salsas para *pancakes*, *waffles* y pastelería variada. En Ecuador se consume comúnmente fresca para preparar la tradicional colada morada durante la época de Día de los Difuntos (http://www.sica.gov.ec/).

Fabaceae

El género *Inga* con 200 especies es de tamaño mediano dentro de la familia de las leguminosas con 18.000 especies. Pertenece a la subfamilia Mimosoideae, caracterizada por tener flores individualmente pequeñas pero que se agregan en inflorescencias muy vistosas por sus numerosos estambres. La mayoría de las especies de *Inga* se encuentra en los bosques de tierras bajas tropicales de América, pero algunas están representadas en las tierras altas de los Andes. *Inga edulis* es la especie más común en las tierras bajas, mientras que *Inga feuillei* - el pacae - está ampliamente distribuida en los valles interandinos y en las costas de Perú y Ecuador (León 1964). Ambas son muy apreciadas por sus frutos comestibles y se las encuentra en patios de casas, plazas y avenidas.

Pacae (*Inga feuillei* DC.)

Aparentemente el pacae es originario de los Andes y al igual que otros cultivos de esta área fue introducido a las costas de Perú. Fue

representado en la cerámica precolombina y sus vainas y semillas han sido encontradas en tumbas que datan de 1.000 aC (NRC 1989).

Los árboles de *Inga* son usualmente de tamaño mediano de hasta 15 m de altura, aunque especies de tierras bajas pueden alcanzar 40 m. Las hojas son compuestas, paripinnadas con foliolos ovales de color verde oscuro. Muchas especies presentan el raquis alado y una glándula nectarífera entre cada par de foliolos. Las inflorescencias son muy fraganciosas y están dispuestas en cabezuelas, espigas o panículas en el ápice de las ramas. Los frutos son vainas de hasta 2 m de largo, cilíndricas (*Inga edulis*), cuadrangulares (*Inga feuillei*), rectas o torcidas en espiral, contienen semillas envueltas por una pulpa blanca y dulce de apariencia algodonosa (Figura 2).

Los frutos se encuentran comúnmente en los mercados locales y son muy apreciados por los niños. Son consumidos mayormente frescos, son fáciles de abrir y la pulpa dulce se consume directamente. Además, el uso de varias especies de *Inga*, como árboles de sombra en plantaciones de café y cacao, se ha extendido por todos los países intertropicales de América. Al igual que muchas leguminosas, fijan el nitrógeno ayudando a conservar y mejorar la fertilidad del suelo (NRC 1989).

Passifloraceae

Las pasifloráceas son en su mayoría plantas trepadoras, provistas de zarcillos con flores complejas en las cuales se destaca un órgano típico, la corona, que esta formado de apéndices filiformes y coloreados. Los frutos son todos del tipo baya, en su mayoría comestibles. En el género *Passiflora* existen más de 20 especies con frutos comestibles, de las cuales la mitad son sembradas por sus frutos y solo cinco son cultivadas comercialmente a escala mundial o regional (*P. edulis*, *P. quadrangularis*, *P. ligularis*, *P. laurifolia* y *P. mollisima*). La mayoría de sus frutos es utilizada por los arilos suculentos que rodean a las semillas negras, son ácidos y aromáticos, luego son procesados en bebidas, dulces, cremas, cristalizados, sorbetes o granizados, confituras, mermeladas, licores,

Fig. 2: Frutos de pacae que contienen una pulpa blanca, algodonosa, comestible y de agradable sabor. Foto: Benjamin Øllgaard.

concentrados, y en menos proporción consumidos frescos o en postres

Los Andes es el centro de origen de muchas especies de *Passiflora*, la mayoría de ellas es usada localmente por sus frutos comestibles.

Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.)

Es la especie subtropical más importante de las tierras altas de América tropical por encima de los 1.000 m. Es nativa y común desde Venezuela hasta Perú y Bolivia, crece silvestre y es cultivada comercialmente a través de esta región.

Es una planta trepadora de tallos cilíndricos y glabros con hojas acorazonadas de color verde oscuro a casi azulado en el lado superior. Las flores son usualmente dos por nudo con brácteas ovales, foliosas y pétalos blanco-rosados, filamentos de la corona con bandas alternas y transversales azules y blancas, los externos son tanto o más largos que los pétalos. El fruto es una baya ovoide o elipsoidal, con cáscara dura, lisa, cerícea, amarilla, con puntos blancos en la madurez y líneas longitudinales más claras y poco definidas (Figura 3). En el interior de un saco membranoso, se encuentra la pulpa blanco-amarillenta, gelatinosa, muy jugosa, compuesta de pequeñas semillas de color café oscuro o negro. Su sabor se describe como dulce y agridulce.

Los frutos de la granadilla son populares y abundantes en los mercados locales y se consume principalmente como fruta fresca. Es una fruta ideal como bocadillo por la facilidad de comerla y de llevarla el fruto se rompe, se abre y la pulpa y semillas se consumen directamente o con una cucharilla. La pulpa se puede mezclar con helado, yogurt, añadirla a cócteles, ensaladas de frutas y vegetales. A partir de ella se pueden procesar mermeladas, jaleas, concentrado y pulpa y jugo congelado. Se reconoce al jugo de granadilla como un excelente opción para iniciar a los bebes en el consumo de frutas (www.sica.gov.ec).

El cultivo de la granadilla tiene amplia distribución en Ecuador: en la sierra y especialmente en los valles secos sub húmedos

Fig. 3: Frutos de granadilla en venta en el mercado de La Paz. Contienen una pulpa gelatinosa comestible dulce y muy jugosa. Foto: Adriana Sanjinés.

entre 2.200 m y 2.700 m, pero en Bolivia y Colombia su cultivo ha sido extendido de 800 m hasta 3.000 m de altitud. En Bolivia aparece esta fruta para la fiesta de Corpus Christi, en mayo o junio (Cárdenas 1989).

Curuba de indio (*Passiflora mixta* L.f.)

Es nativa de los Andes, desde Venezuela hasta Bolivia, entre 1.700 m y 3.700 m de elevación. Es una trepadora con hojas trilobadas y coriáceas. Los frutos tiene pericarpio coriáceo y son muy variables en tamaño y características de la pulpa. Esta especie es considerada como un importante recurso para la reproducción del tumbo.

Taxo, tumbo (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey)

Esta especie es nativa de los valles andinos y se distribuye desde Venezuela y este de Colombia hasta Bolivia y Perú. Crece generalmente por encima de los 1.000 m de altitud y es cultivada en toda la región, desde Venezuela hasta Bolivia.

Es una trepadora vigorosa, de tallos cilíndricos y hojas trilobadas, con los bordes finamente aserrados y pubescencia corta y fina en ambos lados de la hoja. Las flores son pendientes, tubulares, de 7-10 cm de largo, los sépalos y pétalos rosados. Los frutos son bayas oblongas, de forma similar a la del banano, de hasta 12 cm de largo, cubiertos por una fina pubescencia y amarillo blanquecinos a la madurez (Figura 4). Su interior está lleno de pulpa jugosa anaranjada, acidula y aromática, que envuelve a pequeñas semillas negras y planas.

Los frutos son regularmente vendidos en los mercados locales, donde se los come frescos y se usan para preparar una variedad de postres. Con el jugo se preparan helados y bebidas que pueden mezclarse con agua o leche. Tanto en jugo como en fresco, el tumbo es un ingrediente exótico para ensaladas de vegetales y frutas, además de una diversidad de platos gourmet. En Bolivia, se prepara un cóctel combinando el jugo con aguardiente y azúcar, muy apreciado como aperitivo. En Colombia las semillas son extraidas y la pulpa se sirve con leche y azúcar o se usa para preparar gelatinas (Cárdenas 1989). En Ecuador, la pulpa es usada para preparar helados.

El taxo es todavía una fruta relativamente desconocida en el mercado mundial, considerada una especialidad exótica, orientada al segmento del mercado gourmet (www.sica.gov.ec).

Galupa (*Passiflora pinnatistipula* Cav.)

Posiblemente es originaria de los Andes de Perú y Chile, entre 2.500 m y 3.000 m de altitud. Crece de forma silvestre como una enredadera. Los frutos tienen la forma de la fruta de la pasión común, pero son más pequeños: de 4-5 cm de diámetro, con cáscara frágil que se torna púrpura al madurar. La pulpa es amarilla, aromática y de sabor dulce-acidulo y envuelve numerosas semillas. Los frutos son consumidos maduros o usados para preparar bebidas. Aunque el fruto es agradable, se dice que su rendimiento es bajo y es raramente encontrado en los mercados (NRC 1989).

Granadilla de quijos (*Passiflora popenovii* Killip)

Es nativa de los Andes orientales de Ecuador y es una de las especies más valiosas y menos conocidas. Se distribuye desde el sur de Colombia hasta el sur de Ecuador a elevaciones entre 1.400 m y 2.000 m. Es rara y mayormente se la encuentra creciendo en forma silvestre. En Ecuador y Colombia es cultivada a pequeña escala.

Es una liana vigorosa, de tallos cilíndricos y lisos, hojas ovado-elípticas, de color verde claro. Las flores son fraganciosas con sépalos rosados, pétalos azul purpúreo y corona filamentosa con bandas alternas moradas y blancas. Los frutos son bayas elipsoidales, verde

Fig. 4: Frutos de tumbo en venta en el mercado de La Paz. Se consumen frescos y su pulpa es utilizada principalmente en la elaboración de helados y bebidas. Foto: Adriana Sanjinés.

amarillentos y con pulpa grisácea, de sabor y aroma agradable.

Los frutos son fáciles de comer y se consumen como fruta fresca. El jugo dulce es muy apreciado por su agradable aroma y sabor, menos ácido que la maracuyá (*Passiflora edulis*). A pesar de su buen gusto, se encuentran rara vez en el mercado, debido a que la planta solo produce frutos una vez por año (NRC 1989).

Rosaceae

La familia Rosaceae se compone de 3.000 especies en 100 géneros, distribuidos en todo el mundo, de los cuales 30 géneros y 800 especies se encuentran en América tropical (Smith *et al.* 2004).

Capuli (*Prunus serotina* subs. *capuli* (Cav.) McVaugh)

El género *Prunus*, que se encuentra principalmente en las zonas templadas, incluye a 400 especies, de las cuales muchas son conocidas por sus frutos comestibles como el albaricoque (*Prunus armeniaca* originario de China), ciruelo rojo (*P. cerasifera* originaria de Asia central), cherry (*P. cerasus*), ciruelo (*P. domestica* originario de Asia), almendra (*P. dulces* de Asia) y durazno (*P. persica* originario de China).

El capulí es probablemente originario de México y es uno de los árboles más comunes alrededor de los valles altos desde Venezuela hasta el sur de Perú. Crece óptimamente sobre los 1.200 m de elevación. Los mejores tipos en tamaño, color y sabor de los frutos se conocen en las tierras altas de Ecuador (NRC 1989). Es un árbol muy popular y se lo encuentra especialmente alrededor de las comunidades indígenas.

Es un árbol de hasta 12 m de alto con hojas lanceoladas, bordes aserrados y pecíolos largos y finos. Las flores con cinco pétalos blancos crecen en racimos. Los frutos son drupas esféricos, de 1.5–2 cm de diámetro, con cáscara rojo oscuro y pulpa verde pálido, de textura firma, jugosa y agridulce. La semilla es grande y ocupa la mayor parte del fruto. Los frutos pueden ser consumidos como fruta fresca y son usados en la preparación de mermeladas, preservas o vino. Se encuentran

abundantemente en los mercados locales, especialmente en Ecuador.

En Bolivia no se lo cultiva y es un árbol muy poco conocido, los frutos son pequeños hasta de 1 cm de diámetro, rojo oscuros de sabor amargo ácido y poco dulces (Cárdenas 1989). Algunas veces se encuentran los frutos en los mercados locales de La Paz, los mismos que son recolectados de árboles silvestres que crecen en valles en los alrededores de la ciudad.

Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.)

Rubus consta de 250 especies de distribución cosmopolita y muchas tienen importancia económica. *Rubus glaucus* es nativa desde el norte de los Andes hasta las tierras altas del sur de México. Es común en estado silvestre, pero también crece en los jardines de pueblos y villas, especialmente en Colombia y Ecuador. Aunque muchas especies de moras son encontradas en los Andes, la mora de Castilla es la más famosa y popular. Se la cultiva comercialmente en Colombia, Ecuador, Guatemala y El Salvador.

Es un arbusto perenne, que emite ramas o cañas de tallo corto, formando un macollo hasta de 5 m de diámetro. Las ramas y hojas están provistas de espinas curvas y los tallos jóvenes y el reverso de la hoja están cubiertos de una cera blancuzca que le da un tono característico. Las flores brotan en racimos terminales, son vistosas y de color blanco. Los frutos están formados por numerosas drupas que se aglomeran sobre un receptáculo esponjoso.

Los frutos se consumen como fruta fresca, en jugos, refrescos, jaleas, mermeladas y postres y las moras maduras dan vinos por si solas sin necesidad de agregarles azúcar y levaduras.

La mora de castilla, como materia prima, podría sustituir a las importaciones de los sucedáneos de clima templado tales como *blackberries*, *dewberries* y *raspberries*, una vez que se implante como cultivo comercial.

Sapotaceae

La familia Sapotaceae incluye a 1.100 especies de árboles tropicales de las cuales 11 géneros y 400 especies están distribuidos en América tropical, principalmente en las zonas bajas. Muchas especies son importantes por su madera, por ejemplo *Manilkara*, mientras que otras son importantes para producir látex (*Manilkara bidentata*) y frutos comestibles.

Lucuma (*Pouteria lucuma* (Ruiz & Pav.) Kuntze)

En los Andes, la lúcuma es la especie más importante por sus frutos comestibles. Es originaria de las tierras altas desde Ecuador hasta el norte de Chile y se la encuentra comúnmente en las tierras altas templadas de los valles interandinos de Ecuador (Aguirre 2002), Colombia y norte de Chile entre 1.500 m y 3.000 m de altitud, aunque crece bien y produce frutos de alta calidad en las tierras bajas de Perú y a nivel del mar en Chile. Fue introducida a América Central y en las Islas Antillas.

Es un árbol que alcanza hasta los 20 m de altura con copa esférica y ramificada; los brotes tiernos tienen pubescencia de color marrón claro o marrón oscuro. Las hojas son elípticas a obovadas de 6–20 cm de largo con bordes ondulados, de color verde claro o rosado cuando son jóvenes y verde oscuro brillante cuando son maduras. Las flores nacen solitarias o en grupos de dos a tres, con sépalos cubiertos dorsalmente de una pubescencia marrón, corola verdosa formada de un tubo basal con cinco pétalos. El fruto es una baya cónica fusiforme, a menudo asimétrica por la mala formación de las semillas, pero hay cultivares con frutos esféricos o elipsoidales; la cáscara es verde o amarilla, lisa o escamosa, delgada y quebradiza; la pulpa es amarilla, harinosa, suave, aromática, de sabor muy agradable.

La lúcuma es un fruto versátil y posee un sabor distintivo. La pulpa es popular en bebidas, pudines, pies, galletas y queques. Añadiendo leche o helado el color y el sabor se hacen más agradables. En un ingrediente frecuente de los batidos de leche, típicamente hechos con lúcuma pero sin helado. En Perú y Chile se la seca para obtener una harina que se utiliza para varios fines: refrescos, helados y dulces.

En algunas partes de Perú y Ecuador la lúcuma juega una significante parte de la dieta de la gente de bajos recursos (Aguirre 2002). Los frutos pueden pesar hasta 1 kg y un árbol puede producir hasta 500 frutos durante un año, permitiendo alimentar a muchas familias. En tiempos cuando los cultivos están fuera de la estación o son afectados por la sequía, la lúcuma con su producción durante todo el año literalmente se vuelve el árbol de vida. La lúcuma tiene alto contenido de sólidos y es un buen recurso de carbohidratos y calorías. Cuando el fruto cae del árbol, permanece todavía inmaduro. Este fruto es poco conocido fuera de sus tierras altas donde crece, lo cual es extraño ya que es rico y muy nutritivo (NRC 1989).

Solanaceae

La mayoría de las especies de valor económico de la familia de las solanáceas – como papas, tomates, chiles y el tabaco – es originaria de los trópicos americanos, pero su cultivo y mejoramiento se han desarrollado en regiones templadas de Europa o Norteamérica. Entre las especies tropicales, la utilización del fruto es de primordial importancia y se incluye al tomate (*Lycopersicon esculentum)*, berenjena (*Solanum melongena)*, naranjilla (*Solanum quitoense*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), pepino dulce (*Solanum muricatum*) y varias especies de *Physalis* (León 2000).

Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn.)

El tomate de árbol es una especie nativa de los Andes, entre 1.000 m y 3.000 m; su domesticación y cultivo han sido prehispánicos (NRC 1989). A pesar de su antigüedad, no se conoce su denominación en lenguas nativas. Actualmente esta especie se distribuye desde Chile hasta Venezuela y sus frutos están entre los más populares de la región. Se lo cultiva desde México y las Antillas hasta Argentina y también en el sur de Brasil. Su cultivo se ha extendido a áreas subtropicales como Nueva Zelanda, donde está difundido, sur de Europa y áreas tropicales de otros continentes como India, Nepal y el sureste de Asia.

La planta es un arbusto herbáceo de rápido crecimiento, de 1–3 m de altura, generalmente forma un solo tronco con ramas laterales extendidas de las cuales cuelgan las flores y frutos. Las hojas son grandes, cordiformes, con nervadura espaciada, de color verde oscuro brillante en el lado superior y más claro y pubescente en el lado inferior. Las flores son rosadas o lilas, con vistosas anteras amarillas que ocupan el centro de la flor. Los frutos son bayas con forma de huevo de 4–10 cm de largo, su cáscara es atractiva, lisa y brillante y el color puede variar entre amarillo o naranja a fuertemente rojo o casi púrpura, algunas veces con jaspes longitudinales oscuros (Figura 5). La pulpa es amarillenta a fuertemente roja, de textura firme, a menudo se encuentran pequeños cuerpos duros formados de minerales. El centro del fruto está dividido en dos por un tabique y contiene numerosas semillas envueltas por una sustancia mucilaginosa.

El tomate de árbol puede ser usado en muchas formas, pero su consumo común es como fruta fresca. Son usualmente cortados en mitades y la pulpa es extraida y consumida directamente junto con las semillas que son suaves y comestibles. Los frutos son usados en

la preparación de postres, pasteles, helados y en ensalada de frutas o también reemplazando al tomate en ensaladas verdes y sandwiches. Todo el fruto puede ser licuado para preparar bebidas que pueden ser mezcladas con leche, hielo y azúcar, también pueden ser cocinados para preparar sopas, estofados y salsas. Con ellos se preparan gelatinas, mermeladas, preservas y conservas.

En Bolivia pocas veces se emplea esta especie en la cocina, pero puede ser usada en la preparación de salsas picantes (Cárdenas 1989).

Uvilla (*Physalis peruviana* L.)

La uvilla fue una fruta conocida por los Incas y su origen se atribuye a los valles bajos andinos de Perú y Chile. Crece en forma silvestre en muchas partes de los Andes y se la cultiva en huertas y jardines. Actualmente en Ecuador es cultivada comercialmente para exportar a los mercados del hemisferio norte. Fue introducida a los trópicos de Asia, India, Java, Australia y Africa del Sur.

Es una hierba de porte bajo de hasta 1 m de altura con tallos y hojas cubiertos de pubescencia fina y blancuzca que tiende a desaparecer conforme avanza la edad de la planta. Las hojas son cordadas, pubescentes en ambas caras. Las flores son relativamente grandes de hasta dos centímetros de diámetro, cáliz verdoso con manchas purpúreas muy pubescente, corola amarillo-claro con una mancha morada en la base de los pétalos. El cáliz se expande formando una especie de capuchón o de bolsa membranosa que recubre al fruto. Los frutos son bayas esféricos con piel lisa, brillante y de color amarillo-dorado-naranja cuando maduros, de hasta 2 cm de diámetro, similares al tamaño de una uva grande.

Generalmente, la uvilla es consumida como fruta fresca cuando está totalmente madura y es usada para preparar helados, glaseados,

Fig. 5: Tomate de árbol en venta en el mercado de La Paz. Se consumen como fruta fresca y son utilizados en la elaboración de bebidas, mermeladas y salsas. Foto: Adriana Sanjinés.

conservas, postres variados, cócteles y licores. Por su alto contenido en pectina, la uvilla es especialmente apropiada para mermeladas, salsas y gelatinas. Su gusto ácido en salsas combina bien con carnes, mariscos, vegetales y otros frutos y secadas al sol se consumen como pasas (NRC 1989).

En Bolivia se la consume cruda y muy rara vez en la preparación de dulces. Excepcionalmente aparece en el mercado de frutas para la fiesta de Corpus Christi (Cárdenas 1989).

Pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.)

El pepino dulce es nativo de las tierras altas templadas de los Andes y ha sido domesticado desde tiempos prehispánicos en el Perú (León 1964). El nombre de pepino es seguramente de origen español, que los conquistadores asignaron a esta planta por su aparente semejanza con el pepino europeo, que es una Cucurbitaceae (Cárdenas 1989). Solo se conoce en cultivo y no hay especies silvestres de las que se pueda derivar. Actualmente se produce desde Colombia hasta Chile y ha sido introducido a Europa, América del Norte, América Central e Islas Canarias.

Es una fruta común en los mercados a lo largo de los Andes, donde se lo encuentra en una variedad de formas, tamaños, colores y calidades. Muchas son exóticamente coloreadas en amarillo brillante con franjas de color morado, por dentro se parecen a los melones acuosos y de sabor agradable.

Es una hierba muy ramificada de follaje compacto, que alcanza hasta 1 m de alto con hojas largamente pecioladas con láminas ovado-lanceoladas de 2-12 cm de longitud. Las flores son pequeñas con pedúnculos cortos y finos que nacen en la parte superior de las ramas, cáliz en forma de estrella con cinco segmentos, pubescente en el lado externo, corola azul pálido a morado de 2 cm de diámetro, anteras erectas y pistilo largo y curvo. Los frutos son bayas carnosos, esféricos, ovoides o elipsoidales (Figura 6), interiormente divididos por un tabique central formando dos celdas y sobre el que van adheridas las semillas. El color de la cáscara varía de verde claro a amarillo paja, comúnmente presenta manchas longitudinales continuas o dispersas de un tono morado a veces casi negras, aunque en algunos clones faltan del todo. La pulpa carnosa es de agradable aroma y de sabor ligeramente dulce.

El pepino dulce se consume principalmente como fruta fresca cuando está maduro y es muy apreciado como refrescante después de un esfuerzo físico. Es ideal en ensaladas de frutas frescas, también pueden prepararse macedonias y postres varios, así como helados, conservas o enlatados. Como la mayoría de las solanáceas, el pepino dulce es una buena fuente de vitamina C, es poco calórico y su valor nutricional es bajo. Sin embargo, es reconocido por sus propiedades diuréticas, probablemente debido a su alto contenido en agua y buen contenido de yodo, por lo cual es recomendado para el tratamiento del bocio.

Naranjilla (*Solanum quitoense* Lamarck)

La naranjilla es originaria de las tierras altas de los Andes, desde Venezuela hasta Perú, entre 1.500 m y 2.800 m de elevación. Se la conoce solo en cultivo y ha sido introducida a América Central, India y a zonas subtropicales en América del Norte y Nueva Zelanda.

Es un arbusto de 1-2 m de altura con tallos robustos, lisos o espinudos, hojas grandes con nervios prominentes especialmente en el reverso de la hoja, a veces con espinas rectas y agudas. Tanto las hojas como los tallos jóvenes están cubiertos de una pubescencia fina y densa formada por pelos rellenos de líquido morado, que le dan el color morado característico al follaje nuevo. Las flores de 1-6 por inflorescencia, corola blanca y anteras amarillas que rodean el pistilo globoso y pubescente tienen pedúnculos muy cortos. El

Fig. 6: Pepino dulce en venta en el mercado de La Paz. Se consume como fruta fresca cuando esta maduro, su pulpa es carnosa, ligeramente dulce, muy jugosa y refrescante. Foto: Adriana Sanjinés.

fruto es una baya generalmente esférica, amarillo-naranja, de 3-8 cm de diámetro, con cáscara dura y resistente, cubierta densamente de una fina y blanca pubescencia, a veces irritante que se remueve fácilmente. Internamente su estructura se parece a la del tomate, con cuatro a cinco celdas rellenas de pulpa jugosa o mucilaginosa de color verdusco y aromático que rodea las semillas.

Los frutos son muy versátiles y pueden ser consumidos como fruta fresca, cuando están completamente maduros o pueden ser cocinados para preparar mermeladas, pies, dulces, confites, postres variados y conservas en general. La pulpa es de agradable aroma y su sabor ácido – entre suave y fuerte – ha sido descrito como una mezcla de cítricos o de piña y frutilla. Se la utiliza en la preparación de helados, jugos, néctares y refrescos, que se caracterizan por su agradable sabor ácido y aroma especial. El jugo fresco extraido es licuado con azúcar formando un líquido de color verde espumoso, espeso y de sabor dulce acidulo conocido como sorbete de naranjilla, una bebida popular a menudo servida en hoteles y restaurantes de Ecuador y Colombia. La naranjilla es también un ingrediente exótico para platos gourmet, salsa picantes, ensaladas de frutas y vegetales. En Venezuela, Panamá, Costa Rica y Guatemala la pulpa es utilizada para cubrir cheesecakes, mousses, helados, yogurt y ensaladas de frutas. El jugo fresco puede ser también procesado en un concentrado congelado y puede ser fermentado para hacer vino. La naranjilla es rica en minerales y vitaminas A y C. Además contiene pepsina, enzima que ayuda en la digestión de proteínas (NRC 1989). El cultivo de esta planta no se ha extendido al sur y no es conocida en Bolivia (Cárdenas 1989).

Otros frutos andinos de interés

Además de los frutos anteriormente descritos, existen otros poco percibidos y que son aprovechados solo por aquellos que los conocen. Para Bolivia, Cárdenas (1969) en su obra *Manual de Plantas Económicas de Bolivia,* consagra una sección dedicada exclusivamente a las frutas nativas comestibles

de los Andes, valles y llanos orientales de Bolivia, con múltiple información sobre la botánica, ecología y uso histórico y actual de más de 70 especies de frutas. Beck (1998) publicó una lista de frutos silvestres poco conocidos con potencial económico, varios de ellos de origen andino. Muchos son de importancia local y mayormente usados para preparar bebidas refrescantes y helados o son simplemente consumidos en el campo.

Entre ellos se menciona al ahuaimantu o chilto (*Jaltomata herrerae,* Solanaceae) nativo de Perú y Bolivia y cuyos frutos son bayas globosas, dulces y jugosas; la machamacha, (*Gaultheria erecta,* Ericaceae) con bayas negras comestibles muy apreciadas por los niños y el sahuinto (*Myrcianthes callicoma,* Myrtaceae), que produce abundantes bayas de agradable sabor.

Varias especies de Cactaceae como las pasakanas (*Trichocereus* spp.) con frutos globosos contienen pulpa blanca de sabor agradable y las sitikiras (*Cleistocactus* spp.) con frutos de color rojo anaranjado y pulpa abundante de sabor agradable.

Así mismo, varias especies del género *Rubus* (Rosaceae), como *Rubus roseus* y *R. boliviensis* producen frutos comestibles conocidos como zarzamoras, que se consumen crudos cuando están bien maduros y son color casi negro o también son incluidos en mermeladas, refrescos, vinos y aguardientes. Estas especies, así como varias del género *Passiflora* (Passifloraceae) y *Vasconcella* (Caricaceae) constituyen material genético valioso para obtener variedades seleccionadas de mejor calidad. Sin embargo, este potencial se ve amenazado con una población creciente, incrementando la presión sobre terrenos en barbecho y bosques y concentrándose en monocultivos comerciales y alimentarios, descuidando así especies frutales nativas pocas conocidas y reduciendo la vegetación natural en la cual estas especies crecen (Beck 1998, Vásquez & Coimbra 2002, Scheldeman *et al.* 2003).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Stephan Beck por sus sugerencias y comentarios. A Inés Asturizaga por su ayuda en la toma de fotografías.

Referencias

Aguirre M., Z. 2002. Lucuma (*Pouteria lucuma*) – potencial producto forestal no maderable de los Andes ecuatorianos. Pp. 339-349 En: Aguirre M., Z., J. E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.) Botánica Austroecuatoriana – Estudios Sobre los Recursos Vegetales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe. Ediciones Abya Yala, Quito.

Beck, S. 1998. Floristic inventory of Bolivia - an indispensable contribution to sustainable development. Pp. 243-267 En: Barthlott, W. & M. Winiger (eds.) Biodiversity. A Challenge for Development Research and Policy. Springer-Verlag, Berlin.

Cárdenas, M. 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Editorial Icthus, Cochabamba. 421 p.

Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. 2a Edición. Los Amigos del Libro, Cochabamba. 325 p.

Gardiazabal, F. & G. Rosenberg. 1993. El cultivo del chirimoyo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Valparaíso. 145 p.

León, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. IICA Boletín técnico 6. Lima. 112 p.

León, J. 2000. Botánica de cultivos tropicales. 3a Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. 445 p.

NRC (National Research Council). 1989. Lost crops of the Incas. Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington, DC. 407 p.

Scheldeman, X., J.P. Romero Motoche, V. Van Damme, V. Heyens & P. Van Damme. 2003. Potential of highland papayas (*Vasconcella* spp.) in southern Ecuador. Lyonia 5(1): 73-80.

Smith, N., S. A. Mori, A. Henderson, D. Wm. Stevenson & S.V. Heald (eds.). 2004. Flowering plants of the Neotropics. Princeton University Press, Princeton. 616 p.

Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2a Edición. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago. 321 p.

Vásquez, R. & G. Coimbra. 2002. Frutas silvestres comestibles de Santa Cruz. 2a Edición. Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz. 265 p.

Vavilov, N. I. 1960. Estudio sobre el origen de las plantas cultivadas. Ediciones ACME Agency S.R. Ltda., Buenos Aires. 185 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 347-369.

Tubérculos

Ximena Cadima Fuentes

Fundación PROINPA, Casilla: 4285, Cochabamba, Bolivia
email: proinpa@proinpa.org, xcadima@proinpa.org

Abstract

The origin and domestication of tubers is located in the Central Andes. Among these tubers are potato, oca (*Oxalis tuberosa*), ullucu (*Ullucus tuberosus*), and mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Only the potato has been disseminated throughout the world. It is the fourth most important crop after wheat, rice, and maize. The other tubers basically have remained in the highlands of the Andes, because their conservation and use is associated with socio-cultural aspects of the Andean people and their traditional production systems. During the last decade, many studies of Andean tubers in Ecuador, Peru and Bolivia, indicate their economic potential. Oca, ullucu, and mashua belong to three different families, but have similar ecology. They are considered to be rustic crops they requiring low levels of input, making them attractive plants for organic production. There is basic information available of the cultivated species, but little about their wild relatives. Through collaboration between the three countries, and with support from the International Potato Center (CIP) and the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), morphologic descriptors have been published for oca and ullucu, and are under elaboration for mashua. Because of earlier conflicting reports ploidy levels in the three species need more study. Germplasm of Andean tubers from the three countries constitute national genebanks in each country. These serve for research in botanical, morphological, agronomic, cytological, biochemical, molecular, nutritional and agro-industrial aspects, which in turn, combined with local knowledge, serve to improve their use, conservation, and sustainability to the benefit of the Andean people. There are efforts to strengthen *in situ* conservation microcenters of biodiversity.
Key words: Andean tubers, *Oxalis tuberosa*, *Ullucus tuberosus*, *Tropaeolum tuberosum*, *In situ* & *ex situ* conservation.

Resumen

El origen y área de domesticación de los tubérculos se encuentran en los Andes centrales. De los cuatro tubérculos andinos (papa, oca, papalisa e isaño), sólo la papa se ha difundido a nivel mundial, llegando a ocupar el cuarto lugar en importancia después trigo, arroz y maíz. La oca (*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*) básicamente se han quedado en las alturas de los Andes, cuya conservación y uso se halla relacionada a aspectos socio-culturales de los pobladores andinos. Investigaciones realizadas en la última década indican un gran potencial económico de la oca, papalisa e isaño en Ecuador, Perú y Bolivia. Son cultivos que pertenecen a tres familias, pero que comparten una misma ecología; son considerados en general como cultivos rústicos y requieren bajos insumos para su producción, lo que los hace atractivos para la producción orgánica. Se dispone de información básica sobre taxonomía y botánica de las especies cultivadas, pero poco de las silvestres. Mediante un trabajo colaborativo entre los tres países y con el apoyo del Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), se han publicado los descriptores morfológicos de oca y papalisa, y se encuentra en proceso el de isaño. Estos descriptores son una guía para clasificar la variabilidad genética de estos tubérculos. Mayores investigaciones de ploidia son necesarios debido a información anterior incoherente. Recolecciones de tubérculos en los tres países ahora constituyen los bancos nacionales de germoplasma de cada país, que son fuentes de investigaciones botánicas, morfológicas, agronómicas, citológicas, bioquímicas, moleculares, nutricionales y agroindustriales. Todos estos en combinación con conocimiento local contribuyen a un uso mejor y sostenible en conservar este recurso para los pobladores andinos. También se han efectuado acciones para fortalecer la conservación in situ de estas especies en zonas denominadas microcentros de biodiversidad.
Palabras clave: Tubérculos andinos, *Oxalis tuberosa*, *Ullucus tuberosus*, *Tropaeolum tuberosum*, Conservación *in situ ex situ*.

Introducción

El continente americano es uno de los centros donde se han originado y domesticado especies de plantas cultivadas como la papa, el maíz, la yuca, el camote y el fríjol que han contribuido a la alimentación del mundo, pero también se han originado varias otras especies que son poco conocidas aún pero con potencial para ser explotadas más intensamente. Entre estas especies, están los tubérculos menores: papalisa (*Ullucus tuberosus*), oca (*Oxalis tuberosa*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*); las raíces andinas: arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), achira (*Canna edulis*), maca (*Lepidium meyenii*) y ajipa (*Pachyrhizus ahipa*); los granos: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*C. pallidicaule*) y amaranto (*Amaranthus caudatus*); así como las leguminosas como el tarwi (*Lupinus mutabilis*) y el maní (*Arachis hypogaea*).

Los tubérculos como la papa, oca, papalisa e isaño fueron domesticados en los Andes hace miles de años y son parte desde entonces de los patrones alimenticios de los pobladores andinos (Hermann 1992 cit. en Espinoza *et al*. 1996). Estas especies se asocian con la altitud, están cultivadas en pequeñas áreas bajo sistemas de producción tradicionales y en condiciones difíciles, pero son imprescindibles para asegurar la diversificación alimentaria y el sustento de las poblaciones que viven en mayor riesgo. Por lo tanto, las razones para promover la producción, conservación y uso de estos tubérculos se basan en fundamentos nutricionales, ecológicos y socio-económicos, que a través de los años continuamente han contribuido a la seguridad alimentaria de los pobladores andinos y son parte de su cultura y expresiones sociales.

La papa es uno de los cultivos principales a nivel mundial, ocupa el cuarto lugar en importancia en cuanto al valor de la producción mundial después del trigo, arroz y maíz. Originalmente, su cultivo fue limitado a los Andes sudamericanos, ahora se cultiva en muchos países de clima templado y tropical a lo largo del mundo. Por su importancia, la papa es el tubérculo más ampliamente estudiado. Existen innumerables publicaciones y extensos tratados dedicados exclusivamente al estudio de la papa, pero el presente capítulo se limita a información de la oca, papalisa e isaño. El Centro Internacional de la Papa (CIP), con sede en Lima, Perú (www.potatocip.org) ha documentado una colección completa sobre la papa, teniendo como uno de sus principales objetivos la investigación científica y actividades relacionadas con la papa para reducir la pobreza y alcanzar la seguridad alimentaria sobre bases sostenibles en los países en desarrollo. En Bolivia, la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) (www.proinpa.org) también cuenta con un centro de documentación especializado en papa. En Ecuador se puede hallar información a través de la institución Fortalecimiento de la Investigación y Producción de Semilla de Papa (FORTIPAPA) (www.fpapa.org.ec).

Los demás tubérculos andinos (oca, papalisa e isaño, fueron menos estudiados e investigados, muy poco se conocía hasta hace apenas una década atrás. Con el proyecto regional (Programa Colaborativo de Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos, PBRTAs) en que participaron instituciones de Ecuador, Perú y Bolivia de 1993-2003, se han generado conocimientos en diferentes ámbitos que van desde la conservación, diversidad genética, sistemas productivos, usos alternativos de estos cultivos y en la forma cómo estos tubérculos podrían contribuir a mejorar la calidad de vida de los agricultores de zonas marginales. En este capítulo se centrará entonces la información sobre estas tres especies de tubérculos andinos, con el fin de dar una visión sobre el rol y las potencialidades de estos cultivos económicamente importantes para los Andes Centrales.

La oca

Clasificación y denominaciones

La oca pertenece a la familia Oxalidaceae que incluye ocho géneros. El género *Oxalis* tiene más de 800 especies. La mayor parte se encuentra en Sud América con una gran diversidad de formas. *Oxalis tuberosa* es la única cultivada como especie alimenticia (Emshwiller 1999). Los tubérculos de *O. tuberosa* son conocidos con los nombres comunes de oca en Ecuador, Bolivia, Perú y Chile; también se conoce como cuiba o quiba en Venezuela, macachin o miquichi en Argentina, huasisai o ibi en Colombia, papa extranjera en México y yam en Nueva Zelandia (Del Río 1990 cit. en Barrera *et al.* 2004).

Características morfológicas

Cárdenas (1989) clasificó la forma de los tubérculos de la oca en categorías ovoides, claviformes y cilíndricas. De acuerdo a los descriptores morfológicos estándar de la oca del IPGRI/CIP (2001), existiría una forma más que es la alargada, lo cual concuerda con lo observado en colecciones de germoplasma de oca en los tres países Ecuador, Perú y Bolivia. En los descriptores estándar no se mencionan características de los ojos, probablemente porque éste no es un carácter discriminante de la variabilidad de este cultivo. Sin embargo, hay que notar que los ojos varían de horizontales, poco curvos, cortos o largos, así como muy aproximados entre sí o alejados y superficiales o profundos. Las brácteas que cubren a los ojos pueden ser amplias y cortas o casi inexistentes o también amplias y estrechas, pero largas (Cárdenas 1989).

Cárdenas (1989) hace una descripción de las flores indicando que se disponen en dos cimas de 4-5 flores hermafroditas y aparecen en las axilas de las hojas superiores (Figura 1). El pedúnculo mide de 5-10 cm ó más y los pedicelos de 1-3 cm. El cáliz tiene 1 cm de longitud con cinco sépalos unidos en su base. La corola está formada de cinco pétalos flabeliformes 10 x 16 mm de color amarillo o naranja amarillento con nervios principales rojos. Los estambres se hallan dispuestos en dos verticilos pentámeros de diferente longitud cada uno; los filamentos son pubescentes. El estilo es pentáfido y de longitud variable, ya que puede ser más largo que los estambres o más cortos que éstos. El ovario es súpero con cinco carpelos, quinquelocular, sincárpico. Los estigmas son bífidos, laminares o penicilados (como pincel) de color amarillo algo verdoso.

La biología floral presenta heteromorfismo, como lo indica León (1964 cit. en Barrera *et al.* 2004). Los estilos a veces son más largos que el grupo más alto de estambres (longistilia), otras veces están situados entre los dos grupos de estambres (mesostilia) o bien pueden ser más cortos que el grupo inferior de estambres (brevistilia). En los descriptores estándar del IPGRI/CIP (2001) también se mencionan dos tipos adicionales: cuando los estilos están situados en la misma altura que el grupo de estambres más alto (semi-homostilia) y cuando ambos grupos de estambres se encuentran casi juntos en la parte inferior y los estilos bastante más arriba (fuertemente longistilia). En la colección de oca de Bolivia se han detectado sobre todo las formas brevistilia y mesostilia, en menor proporción las formas longistilia (5% de la colección), solo un caso de semi homostilia y uno de fuertemente longistilia (según mis observaciones).

La oca rara vez forma fruto debido a que las flores comúnmente se desprenden poco después de la antesis (León 1964 cit. en Barrera *et al*. 2004). El fruto es una cápsula dehiscente de cinco lóculos de pared membranosa y encerrado en el cáliz persistente, con 1-3 ó más semillas por lóculo (Cárdenas 1989).

Un carácter discriminante importante es el color de la superficie de los tubérculos (Figura 2). En los descriptores estándar se mencionan hasta 12 variaciones de colores, que van del blanco al púrpura grisáceo oscuro, con colores

intermedios como el blanco amarillento, amarillo, naranja amarillento, rojo naranja, rojo naranja oscuro, rojo claro (rosado), rojo pálido, rojo, púrpura rojizo y púrpura grisáceo claro. Los tubérculos pueden presentar también coloraciones secundarias distribuidas ya sea en los ojos, alrededor de los ojos, sobre tuberizaciones, manchas irregularmente distribuidas o como bandas o moteaduras sobre las tuberizaciones. La experiencia ha mostrado que el uso de tan amplia gama de descriptores puede dificultar en la evaluación de la diversidad de las ocas, por lo que se ha distinguido como colores base solamente a cinco clases: blanco, amarillo, naranja, rojo y púrpura, cada uno con diferentes intensidades (según mis observaciones).

Los tallos aéreos son muy abundantes y brotan desde la base de la planta. En plantas jóvenes, el tallo es normalmente erecto hasta casi un metro de alto en zonas húmedas con diámetros de 0.5-1.5 cm. En plantas adultas, los tallos tienden a doblarse hacia fuera. Son muy suculentos, varían de color desde verde amarillento, verde grisáceo pigmentado con rojo, rojo grisáceo, púrpura rojizo y púrpura grisáceo. Las plantas pueden ser verde-amarillentas hasta casi completamente pigmentadas de antocianinas. Se presenta una correlación entre el color del tallo aéreo y el de los tubérculos (Cárdenas 1989, IPGRI/CIP, 2001, Barrera *et al.* 2004). Tanto los tubérculos como los tallos presentan una tendencia a la fasciación (= Adaptación morfológica de un órgano vegetal que adquiere la semejanza de un órgano animal o humano, M. Cadima 2006, com. pers.; en el caso de las ocas, los tubérculos fasciados se asemejan a una mano, ver figura 3), este fenómeno fue observado por Cárdenas (1989) y recientemente observé en la colección de oca de Bolivia. Las hojas de la oca son alternas trifoliadas con pecíolos largos de 2-9 cm de longitud. Los foliolos son obcordiformes de color verde en el haz y púrpura o verde en el envés (León 1964 cit. en Barrera *et al*. 2004). El tallo y las hojas son normalmente pubescentes.

Ploidía

El número de cromosomas en la oca parece ser anormal porque los resultados obtenidos en su recuento por diferentes autores no son concordantes. Según Darlington & Janaki (1945 cit. por Cárdenas 1989), la oca aparece con 63-70 cromosomas. Cronquist (1981 cit. en Emshwiller 1999) indica que el número básico en *Oxalis* varía de x=5 a x=12 y que la poliploidía es común en este género. Azkue & Martínez (1990, cit. en Emshwiller 1999) hallaron 2n=8x=64 con un número de x= 8 para *O. tuberosa*. Datos similares fueron reportados en accesiones de oca cultivada en el Perú por Valladolid *et al*. (1994). En cambio, en accesiones de oca de la colección boliviana se encontraron materiales pentaploides y tetraploides (Gaspar 1998, Torrico *et al*. 2004). Con estos datos se confirma la naturaleza poliploide de la oca cultivada, aunque aún queda por confirmar los posibles niveles existentes en esta especie.

Valor nutricional

Según el NRC (1989), los tubérculos de oca tienen una alta variación en sus niveles nutritivos. Como promedio tiene un 84.1% de agua, 1.1% de proteína, 13.2% de carbohidratos, 0.6% grasa y 1.0% de fibra. El contenido vitamínico varía, pero puede tener cantidades significativas de retinol (vitamina A) y los tubérculos amargos contienen hasta 500 ppm de ácido oxálico.

Usos tradicionales

La oca se consume normalmente cocida en agua o al horno, siempre luego de haber expuesto a los tubérculos por varios días al sol para que adquieran un sabor dulce. También se consume en forma de chuño (deshidratado) o caya, similar al chuño de papa (Cárdenas 1989).

En Ecuador, Barrera *et al.* (2004) reportaron que la oca tiene una preparación más diversificada que la papalisa, dependiendo de si

Fig. 1: Flor de la oca. Foto: M. L. Ugarte.

Fig. 2: Diversidad de tubérculos de oca cultivada. Fotos: X. Cadima.

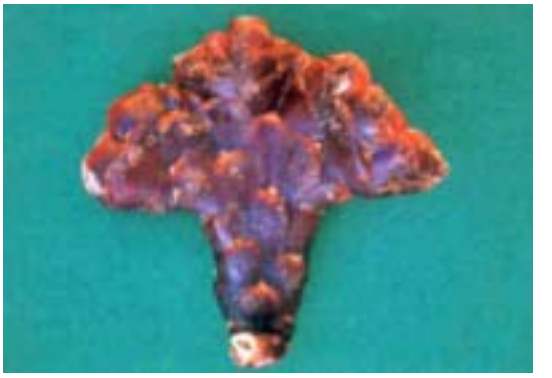


Fig. 3: Tubérculo de oca fasciado. Foto: X. Cadima.

se utiliza al fresco o asoleado. Al fresco y recién cosechada, se utiliza para sopas, cortada como la papa y también se cocina como locro. Otra forma de consumo es en puré y envueltos como el quimbolito (la oca se muele cruda, después se sazona con dulce, se envuelve en hojas de achira y se cocina como las humitas). La oca asoleada (y por lo tanto endulzada) se come preferentemente con dulce o en coladas; y también mezclada con leche. En Bolivia Terrazas & Valdivia (1998) reportan también usos medicinales de la oca que junto a la cucurbitácea (*Cucurbita maxima*) constituye un paliativo para las lesiones internas y disminuye la fiebre causada por la enfermedad de animales denominada fiebre aftosa.

Importancia del cultivo

El cultivo de la oca es muy importante en los Andes Centrales, sobre todo en lugares húmedos entre 2.800 y 4.100 m desde Venezuela hasta Chile y Argentina, pero particularmente en Ecuador, Perú y Bolivia. Es el segundo tubérculo importante después de la papa en Perú y Bolivia. En la sierra ecuatoriana se cultiva la oca en un sistema de subsistencia, es menos importante que la papalisa e incluso se la sitúa en cuarto lugar, después de la papa, la papalisa y la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), como lo indican Espinosa *et al.* (1996) y Barrera *et al.* (2004). Los rendimientos reportados de la oca en Ecuador no sobrepasan a las 2 t/ha, aunque a nivel experimental se han obtenido de 15-28 t/ha (Barrera *et al*. 2004). En el Perú, la oca tiene una producción promedio de 5 t/ha (www.minag.gob.pe/Politica/inia2_mAnexoIV.pdf) y en Bolivia las estadísticas nacionales hasta 1998 reportaron un promedio de 3 t/ha (INE 1999).

La papalisa

Clasificación y denominaciones

El género *Ullucus* tiene una sola especie, el *Ullucus tuberosus*, que de acuerdo a Sperling (1987) citado por Arbizu (2004) tiene dos subespecies: *aborigineus* y *tuberosus*. Dentro de la subespecie *aborigineus* están incluidas todas las papalisas silvestres, que pueden encontrarse en suelos sueltos, humosos y de buen drenaje o también en ambientes rocosos formando tubérculos de 1.5-1.0 cm de diámetro, de colores rosados, rojos, marrón oscuro y a veces blancos. Son comunes desde Carchi en el Ecuador hasta el NW de Argentina. La papalisa es la planta más importante del género *Ullucus* y probablemente de la familia Basellaceae. Esta familia incluye dos especies cultivadas: *Ullucus tuberosus* y *Basella alba*. La papalisa se cultiva por sus tubérculos comestibles en los Andes sudamericanos, desde Venezuela hasta el NW de Argentina. La papalisa cultivada (Figura 4) pertenece a la subespecie *tuberosus*, cuyas características generales son: tubérculos redondos, semifalcados, cilíndricos y alargados retorcidos con colores que varían desde el blanco amarillento, verde, amarillo de diferentes tonalidades, naranja, rosado y rojo.

Ullucus tuberosus es conocida también como chugua, ulluma, iliaco y chiga en Colombia; melloco, hubas, chuga, chigua y ulluco en Ecuador; olluco, olloco, ullush, ullucu o lisas en el Perú; y papalisa, illoco, ulluma y lisa en Bolivia. Se cultiva desde Colombia hasta el Perú y Bolivia (Cárdenas 1989, Cadima *et al*. 2003a, Arbizu 2004, Tapia *et al*. 2004).

Características morfológicas

El porte de la planta es erecto o rastrero. Algunos cultivares suelen presentar alargamiento de los tallos, cuando las plantas se encuentran en plena floración. Cárdenas (1989) describe a los tallos de la papalisa como suculentos y angulosos de 30-60 cm de alto, aunque en las colecciones de Perú y Bolivia no se han encontrado tallos mayores a 40 cm. Es lógico que el tamaño y vigor de las plantas dependan de la fertilidad del suelo y el grado de infección de virus. El color de los tallos varía de verde amarillento claro a rojo grisáceo y es común

encontrar tallos verdes con pigmentaciones rosadas o bien tallos rojos con pigmentaciones verdes. Cárdenas (1989) describió que existe cierta correspondencia entre el color de los tallos y los tubérculos. Esto se corrobora con lo observado en la colección de papalisa de Bolivia, donde se han encontrado plantas de tallos rojos grisáceos nacidas de tubérculos rojizos y púrpuras, así como plantas de tallo verde nacidas de tubérculos amarillos. Además, he encontrado que de un mismo tubérculo amarillo con rojo pueden generarse tallos rojos nacidos de ojos rojos y tallos verdes nacidos de ojos amarillos. Es común también encontrar tubérculos normales y adventicios, estos últimos que brotan por encima de la tierra y son más pequeños que los normales.

Como lo indican varios autores (Cárdenas 1989, IPGRI/CIP 2003, Barrera *et al*. 2004), las hojas de la papalisa son anchas y simples, pueden presentar cuatro formas ovada, cordada, deltoide y semireniforme; de ápice obtuso o redondeado con el pecíolo de 2.5-7.5 cm de longitud y lámina de 2.5-7.5 x 5 cm. Arbizu (2004) señala además que la forma de las hojas puede ayudar a identificar cultivares, pues no se modifican por la influencia de factores bióticos o abióticos.

Las inflorescencias en espiga son axilares y abundantes con numerosas flores pequeñas. Cárdenas (1989) describió el color magenta (púrpura rojizo) de las flores, pero en las colecciones de los tres países se reportan también el color verde amarillento solo o con ápice y bordes púrpura rojizo (Arbizu 2004, Barrera *et al.* 2004). Las flores (Figura 5) miden 5-8 mm de diámetro con cinco tépalos ovado-cordados, largamente mucronados y con un involucro formado de dos lóbulos suborbiculares, agudos y unidos en su base al perianto. Los cinco estambres están opuestos a los tépalos. El estilo es corto y el estigma obtuso y bífido. El ovario es súpero y globoso. La formación de frutos no es común, sin embargo León (1964 cit. en Cárdenas 1989) indica que los frutos son utrículos de 2 mm de largo por 1 mm de ancho, de perfil triangular, con pericarpio papiráceo morado o verde, que envuelve a una sola semilla con forma de una pirámide amarilla y superficie corrugada.

Las variedades cultivadas pueden identificarse por características principalmente de los tubérculos pero también de la planta. Algunos de estos caracteres son: en los tubérculos, la forma, el color predominante de la piel y el color de la pulpa, mientras que en la planta son: el porte, la elongación y aspecto de los tallos, el color del follaje, la forma de las hojas, hábito de floración y color de los sépalos y pétalos (IPGRI/CIP 2003, Arbizu 2004). De acuerdo a los descriptores morfológicos estándar del IPGRI/CIP (2003), solo se tienen cuatro formas de tubérculo en papalisa: redondo, cilíndrico, semifalcado y retorcido. Sin embargo, es común ver en las colecciones de los países (Ecuador, Bolivia y Perú) también tubérculos ovoides, descripción que concuerda con lo mencionado por Cárdenas (1989). Los descriptores estándar no hacen referencia a los ojos, seguramente porque no son parámetros de descripción de la variabilidad de la especie, sin embargo los ojos de la papalisa se caracterizan porque son muy superficiales y sin brácteas.

El color de los tubérculos presenta una gran variación (Figura 4). De acuerdo a los descriptores estándar (IPGRI/CIP. 2003), existen 12 estados que van desde el blanco amarillento hasta el púrpura rojizo, pasando por una gran gama de colores intermedios como el verde amarillento, amarillo, amarillo oscuro, amarillo grisáceo, amarillo naranja, naranja pálido, naranja, naranja rojizo, rojo claro (rosado) y rojo. Cárdenas (1989) presentó una clasificación menor de colores y con algunos nombres diferentes, como amarillo dorado (seguramente se refiere al naranja), pardo (naranja rojizo), lila y magenta claro (rosado y rojo) y magenta oscuro (púrpura rojizo). Lo que sí queda claro es que – según mis observaciones – las colecciones en los tres países (Ecuador, Perú y Bolivia) presentan seis colores

Fig. 4: Diversidad de papalisa cultivada. Fotos: X. Cadima, M. L. Ugarte.

Fig. 5: Flor de papalisa. Foto: M. L. Ugarte.

básicos: blanco, amarillo, verde, naranja, rosado y rojo, con diferentes intensidades en cada color. Además del color predominante, también es común encontrar una coloración secundaria, es decir, sobre un fondo amarillo o blanco amarillento presenta coloración púrpura-rojiza en forma de puntos, jaspes, bandas, manchas o una combinación de ellas. También pueden presentar una coloración secundaria solo en los ojos. El color de la superficie de los tubérculos es muy sensible a la luz. Las papalisas amarillas y blancas suelen tornarse verdes y los verdes amarillentos se hacen más verdes. Solo los rojos y púrpuras difícilmente son afectados por la luz. Pero una vez que cambian de color, ya no son aptos para el consumo.

Ploidía

Acosta-Solís (1980 cit. en Barrera *et al*. 2004) dan diferentes datos sobre el número de cromosomas de la papalisa: el atlas de cromosomas de Darlington & Janaki (1945) señala 2n= 36 cromosomas. Según el Bureau of Plant Breeding de Cambridge (1945), la papalisa de Cochabamba, Bolivia y de Puno, Perú tiene 2n= 24 cromosomas y las del Ecuador y Colombia. 2n= 36 cromosomas. Estos datos son

coincidentes con lo mencionado por Arbizu (2004) en estudios realizados en la colección de papalisa mantenida por el CIP encontraron que el 96% de las papalisas cultivadas es diploide, 3% es triploide y el 1% tetraploide. Este autor indica también que las papalisas silvestres son triploides (2n=3x=36). En la colección de la papalisa boliviana, Gaspar (1998) encontró solo accesiones diploides, aunque en un número reducido de la colección (17 accesiones).

Valor nutricional

Los tubérculos de papalisa son una buena fuente de carbohidratos. Los tubérculos frescos tienen alrededor de 85% de humedad, 14% de almidones y azúcares y entre 1% y 2% de proteínas, generalmente tienen alto contenido de vitamina C (Barrera *et al*. 2004). Lescano (1994) menciona también que la papalisa contiene importantes cantidades de proteínas (10.8–15.7%), que a su vez son fuente de seis aminoácidos de los ocho aminoácidos esenciales en la dieta humana (lisina, triptófano, valina, isoleucina, lecucina y treonina). Las hojas pueden contener niveles altos de proteína, calcio y caroteno.

Usos tradicionales

Los tubérculos de papalisa tienen una cáscara tan delgada que no necesitan ser pelados para su consumo. La pulpa tiene una textura suave y sedosa con un sabor agradable para quienes tienen costumbre de consumir papalisa. Sin embargo, para algunas personas que comen por primera vez este tubérculo, puede parecerles de sabor muy fuerte e incluso algunas manifestaron que tiene sabor a tierra, probablemente esto se deba por la presencia de mucílago en los tubérculos. Algunas variedades tienen alto contenido de mucílago y se requiere un hervor previo a la preparación.

En Bolivia se consume papalisa en sopas, también en un plato típico llamado sajta que es un guiso con charque o carne secada al sol y ají picante; otro preparado no muy común es como ensalada cocida, revuelta con huevo y maní. En Perú se prepara un plato típico llamado olluquito con charqui y también se elabora chuño de ullucu. Barrera *et al*. (2004) reportaron que en el Ecuador se prepara la sopa de melloco, que consiste en un locro adicionado con papa, haba y repollo; también se consume en forma de ensaladas y en combinación simple con otros productos cocidos, como habas o papas. Un plato muy apetecido es el guiso: melloco cocinado, picado, sazonado, con refrito, leche y maní, acompañado de sal y/o ají.

Recientemente se reportó el uso de la papalisa para espesar sopas y estofados, proporcionando una consistencia suave a ciertas preparaciones culinarias (Repo & Kameko 2004). Las hojas son también usadas en ensaladas y sopas o para reemplazar a la espinaca. En Ecuador se reporta también el uso del follaje del melloco para alimentación del ganado vacuno (Caicedo *et al*. 2004).

Importancia del cultivo

En Ecuador el cultivo de la papalisa es el segundo tubérculo en importancia, después de la papa (Tapia *et al*. 1996). En Perú y Bolivia ocupa una menor importancia que la papa y la oca. Esta especie es cultivada en toda la sierra ecuatoriana, a altitudes entre 2.500 y 4.000 m; se reporta un rendimiento promedio de 3.5 t/ha (Barrera *et al*. 2004). En el Perú, la sierra central es la principal zona productora, pues participa con el 35% de la producción nacional y registra un promedio de rendimiento de 4-5 t/ha (López. 2004). En Bolivia, la papalisa se cultiva en siete de los nueve departamentos, pero la mayor superficie cultivada y producción se encuentra en las zonas altas de Cochabamba y Chuquisaca. Los rendimientos reportados en 15 años (1983 a 1998) por el Instituto Nacional de Estadística no llegan a las 3 t/ha, siendo los más bajos de la región andina (INE 1999).

El isaño

Clasificación y denominaciones

Tropaeolum es el género más grande de la familia Tropaeolaceae, que incluye a 86 especies distribuidas desde el Sur de México y por toda Sudamérica (Sparre & Anderson 1991 cit. en Grau *et al*. 2003). Estos mismos autores reconocen dos subespecies para *T. tuberosum*: la cultivada *T. tuberosum* ssp. *tuberosum* y la silvestre *T. tuberosum* ssp. *silvestre*.

Varios autores (Cárdenas 1989, Grau *et al*. 2003, Barrero *et al*. 2004) citan numerosos nombres para el isaño, que varía de acuerdo al país y al idioma. En quechua: allausu, añu, apiñu, apiñamama, cubio, hubios, hubias, mashua, mashwa, ocaquisaño, yanoca. En aymara: apilla, isau, isaña, isaño, kayacha, miswha.

Características morfológicas

El isaño es una planta anual herbácea, glabra de 20-80 cm de alto. De acuerdo a Arbizu & Vivanco (s/a), en los descriptores de mashua el follaje del isaño puede variar de verde amarillento a verde oscuro. Sus tallos aéreos son cilíndricos de 3-4 mm de grosor, ramificados, pueden variar de color de verde a púrpura grisáceo con diferentes grados de pigmentación. Es de crecimiento inicialmente erecto, que luego varía a semipostrado y es ocasionalmente trepador, mediante pecíolos táctiles (Arbizu & Tapia 1992 cit. en Barrera *et al*. 2004).

Las hojas son alternas separadas por entrenudos de 1-8 cm con pecíolo de 2-30 cm de longitud. Las láminas son peltadas de 5-6 cm de ancho, tri o pentalobadas, también pude observar en una misma planta hojas tri y pentalobadas. La base de la lámina es truncada en la base. Las hojas son verde oscuras, brillantes en el haz y más claras en el envés (Cárdenas 1989). En las colecciones de isaño de Ecuador, Perú y Bolivia se han encontrado nervaduras pigmentadas en el envés de las hojas. Las flores solitarias (Figura 6) aparecen sobre pedúnculos de 10-15 cm, intensamente pigmentados. Son zigomorfas de 2-2.5 cm de longitud. El cáliz de color rojo intenso tiene cinco sépalos unidos en su base, los tres sépalos superiores se prolongan en un espolón de 1-1.5 cm de longitud. La corola es de cinco pétalos rojo anaranjados y provistos de una nervadura roja oscura, los dos pétalos superiores son orbiculares de 5-8 mm de diámetro y los inferiores son espatulados de 10-12 mm de longitud. Los estambres están colocados en dos verticilos de a cuatro piezas desiguales entre sí y algo más cortos que los pétalos inferiores. Las anteras son de 2-3 mm de longitud. El ovario es trilocular verde claro. El estilo es más corto que los estambres, blanco o pigmentado de magenta y trífido (Cárdenas 1989).

El fruto es un esquizocarpo formado por tres mericarpios uniseminados que se separan y caen individualmente en la madurez. El isaño fructifica abundantemente (Cárdenas 1989). Los tubérculos del isaño son menos variables en su forma que la oca y la papalisa; son cónicos, cónico alargados y alargados (Figura 7). El color de los tubérculos es variado, según los descriptores de mashua (Arbizu & Vivanco s/a) existen al menos de nueve colores: blanco amarillento, amarillo pálido, amarillo, amarillo naranja, naranja, rojo grisáceo, rojo grisáceo oscuro, púrpura grisáceo y negro, siendo dominante el amarillo con ojos negruzcos o anaranjados. También son comunes los tubérculos con fondo claro con color secundario, distribuido en los ojos y bandas irregulares sobre tuberizaciones o también en forma de puntos densos o manchas irregularmente distribuidos. Los ojos del isaño son siempre profundos, anchos y estrechos, sin brácteas.

Ploidía

Estudios de cromosomas realizados por diferentes investigadores muestran resultados contradictorios. Varios autores (Huynh 1967 cit. en Grau *et al.* 2003; Gibss *et al*. 1978, Arbizu

& Tapia 1992, Hermann 1992, cit. en Barrera *et al.* 2004) coinciden en las formas cultivadas del isaño que son tetraploides 2n= 4x= 52 con un número básico de x= 13. En el documento de mashua de Grau *et al.* (2003) menciona a Gibss *et al.* (1978) quien propone 2n= 43, 48, 51 y 64. Estudios posteriores realizados por Johns & Towers (1981 cit. en Grau *et al.* 2003) mostraron 2n= 52 para las formas cultivadas y 2n= 42 para las formas silvestres. Posteriormente, Román & García (1997 cit. en Grau *et al.* 2003) encontraron otros niveles de ploidía: 2n= 18, 27 y 36 con un número básico de x= 9.

En la colección de isaño de Bolivia, Gaspar (1998) y Torrico *et al.* (2003) encontraron dos niveles de ploidía: 2n= 26 y 2n= 39 para el número básico x= 13. Estos resultados solo confirman que el isaño es una especie poliploide, pero todavía existen dudas sobre el nivel de ploidía de la especie.

Valor nutricional

El isaño tiene un alto contenido de carbohidratos (11% en base fresca) y alto contenido de ácido ascórbico (67 mg por 100 g en base fresca). El contenido de proteína puede variar de 6.9-15.9% en base seca. El principal componente de las tropaeoláceas son los glucosinolatos, que pueden ser responsables para uso medicinal de la especie (NRC 1989).

Usos tradicionales

Los tubérculos recién extraídos del suelo son muy amargos y se consume muy poco, excepto por poblaciones indígenas. Con el cocimiento mejora su sabor. Se consume en forma de tayacha o sea isaño cocido y congelado y sopado en miel de caña. Ocasionalmente se utiliza para espesar sopas o también en wathia (cocido en tierra caliente) similar a la oca, luego de asolear los tubérculos por varios días. En Bolivia se utiliza también el isaño en la alimentación de cerdos para engorde (Terrazas & Valdivia 1998).

Se atribuye al isaño propiedades anafrodisíacas y también medicinales para las enfermedades del hígado y los riñones. Es utilizado como depurativo, para curar enfermedades venéreas; también detiene hemorragias y cicatriza heridas internas y externas (Cárdenas 1989, Espinoza *et al*. 1996). En la sierra ecuatoriana utilizan el isaño negro cocinado con panela para contrarrestar la prostatitis y también para aliviar la blenorragia. Los enfermos de riñones mejoran al tomar una infusión de isaño, caballochupa y pelo de choclo.

Importancia del cultivo

Entre los tubérculos andinos el isaño es el menos importante en los tres países. Contribuye a la diversidad de tubérculos que se cultivan en los Andes, debido probablemente a su estabilidad de producción en ambientes heterogéneos de la región, aspecto que puede haber favorecido a la conservación de varios cultivares. Sin embargo, el futuro del isaño es incierto, ya que sus cualidades de rusticidad, tolerancia a enfermedades y plagas, buen rendimiento y bajo insumo para su cultivo, no pueden contrabalancear la falta de interés en el mercado (Grau *et al*. 2003).

El isaño es cultivado en pequeños lotes o bien como bordes alrededor de otros cultivos más importantes como la papa. De acuerdo a Grau *et al.* (2003), Perú es el país con mayor superficie de producción de isaño, que supera a las 7.000 ha; no existen datos estadísticos sobre Bolivia ni Perú, pero algunas estimaciones dan una idea de que no se cultiva más de 100 ha en Bolivia y apenas 50 ha en Ecuador. Estos datos son extremadamente bajos, considerando que al menos en Bolivia la situación del isaño es muy similar a la del Perú. En Bolivia los datos de rendimiento en campos de agricultores oscilan entre 30 y 60 t/ha, lo cual demuestra su alto potencial productivo (Cadima *et al*. 2003b). Las estadísticas nacionales del Perú indican que el isaño tiene un rendimiento promedio de

Fig. 6: Flor del isaño. Foto: M. L. Ugarte.

Fig. 7: Diversidad de tubérculos del isaño cultivado. Fotos: M. L. Ugarte.

4-7 t/ha (http://www.minag.gob.pe/Politica/inia2_mAnexoIV.pdf).

Conservación de tubérculos andinos en Ecuador, Perú y Bolivia

Los cultivos que se propagan clonalmente son diferentes a los cultivos de propagación por semilla sexual en su evolución y en sus necesidades para conservación. Un ejemplo de los primeros son los tubérculos andinos, cuyas estrategias de conservación son particulares en el cultivo. Existen factores tanto sociales como bióticos que influencian en la evolución de los cultivos de tubérculos. La influencia humana es muy importante en la diversidad genética de los mismos, porque los agricultores juegan un papel fundamental en la selección y dispersión de genotipos clonales.

Existen dos metodologías de conservación: *in situ* y *ex situ*. En los tres países, Ecuador, Perú y Bolivia se ha trabajado en ambas formas, buscando una complementariedad. La conservación *in situ* de la agrobiodiversidad es diferente a la conservación *in situ* de especies silvestres como por ejemplo en áreas protegidas,

donde la intervención del hombre es mínima o casi nula o definitivamente las comunidades humanas son involucradas en los programas de conservación de la naturaleza como actores y con responsabilidades en esos procesos. En cambio, la conservación de los recursos de la agrobiodiversidad se caracteriza por la participación activa del hombre: conservación en campos de agricultores donde el continuo cultivo y manejo de un grupo diverso de poblaciones vegetales cultivadas es realizado por agricultores en el agroecosistema y donde el cultivo ha evolucionado (Jarvis *et al*. 2000 cit. en Tapia *et al*. 2004). La agrobiodiversidad sin embargo no se encuentra dispersa en cualquier sitio, sino en zonas muy particulares denominadas microcentros de diversidad, que son áreas geográficas con características medioambientales, sistemas de producción agropecuarios y patrones socioculturales que posibilitan la supervivencia y uso de la biodiversidad (García *et al*. 2003,Tapia *et al*. 2004).

La conservación *ex situ* se realiza fuera del lugar de procedencia y origen del germoplasma, donde ha desarrollado sus características ancestrales. La conservación se realiza como semillas en bancos de semillas, en condiciones *in vitro*, en colecciones de campo o en jardines botánicos. Los tubérculos andinos - por ser especies de propagación vegetativa - se conservan como colecciones de campo y complementariamente en condiciones *in vitro*.

Conservación *in situ*

Rea (2004) hace mención que la amplitud de distribución y la gran rusticidad de los tubérculos andinos han sido mantenidos a través de más de seis siglos en la dorsal andina sur, gracias a la vía campesina de conservación, manejo y utilización *in situ* de los recursos agrícolas. A través de esta vía, los actuales pequeños productores como descendientes directos de los domesticadores originales, siguen perpetuando acciones para mantener esa riqueza genética. Esto se evidencia en poblaciones que cuanto más aisladas están, más guardan la costumbre tradicional y más se encuentran estos cultivos en la dieta de la gente. Estas poblaciones se caracterizan por tener una agricultura poco orientada al mercado y con prácticas culturales y alimenticias tradicionales. De esta manera, la costumbre y la tradición permiten que perdure aún el consumo de los tubérculos andinos y sigan presentes en la agricultura andina.

Sin embargo, algunos autores (Espinoza *et al*. 1996, García & Cadima 2003) concuerdan en que los tres países andinos (Ecuador, Perú y Bolivia) las tradiciones y costumbres que están muy relacionadas con la conservación de los tubérculos andinos, se están perdiendo poco a poco y en algunos lugares más aceleradamente que en otros. Se reporta que las comunidades campesinas están perdiendo el conocimiento sobre cómo éstos deben ser tratados. Muchas prácticas ya son irrecuperables, pues se han perdido con la muerte de las personas mayores. Aunque a través de diferentes proyectos, se ha sensibilizado sobre el valor de estos cultivos, ya los agricultores no saben cómo cultivarlos, cuidarlos, almacenarlos ni prepararlos.

A través del Proyecto Colaborativo de Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTAs), se identificaron áreas específicas en los tres países Ecuador, Perú y Bolivia, para efectuar estudios y fortalecer a la conservación *in situ* de estos cultivos. Se localizaron sitios específicos donde persisten antiguas influencias culturales y donde los cultivos nativos crecen como mezclas de genotipos en mosaicos, siendo cada área con diferentes factores socio-culturales y agroecológicos. Dentro de cada área, se identificaron combinaciones únicas de germoplasma de tubérculos andinos y algunos estuvieron estrechamente relacionados al germoplasma silvestre. También se localizaron los factores que inciden en la producción y conservación de los tubérculos andinos. Entre los factores que hacen que estos cultivos aún se hallen en la dieta de los pobladores andinos

está la diversificación de usos, muy relacionada con aspectos culturales. Pero también están los factores que inciden negativamente, entre éstos está la pérdida gradual del conocimiento originario para la producción, baja comercialización debido a una limitada demanda en mercados y precios bajos, así como una oferta mínima de alternativas tecnológicas modernas (Espinoza *et al*. 1996, Gonzales *et al*. 2003, Barrera *et al*. 2004).

En Ecuador - a través del PBRTAs - se realizaron estudios sobre la dinámica de la conservación de tubérculos andinos en condiciones *in situ* en comunidades campesinas de la región interandina del país (Tapia *et al*. 2004). El proyecto además se enfocó en reforzar la capacidad de los agricultores y de organizaciones locales para incrementar la conservación de los recursos fitogenéticos y así mejorar los medios de vida de los agricultores, fortaleciendo la seguridad alimentaria de las poblaciones locales. El apoyo a la conservación *in situ* se concentró en un microcentro de diversidad denominado Las Huaconas. Las actividades que involucró el proyecto fueron: realización de inventarios locales sobre la variabilidad de tubérculos en comunidades del microcentro, ferias de conservación de semillas donde se evaluó la diversidad de tubérculos a nivel comunal, estudios sobre destino y usos de la variabilidad y producción, así como la cuantificación de la erosión genética en base a análisis comparativos de diversidad registrada *in situ* y *ex situ* (Tapia *et al*. 2004).

En el Perú, las primeras iniciativas de apoyo a la conservación *in situ* se llevaron a cabo en el década de los 80's a través del INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), participando en actividades relacionadas con sistemas agrícolas andinos, rescate de tecnología tradicional y ferias de semillas. A partir del año 2001, se implementó a nivel nacional un proyecto de conservación *in situ* de cultivos andinos y parientes silvestres con participación del INIA, cuatro organizaciones no gubernamentales y el financiamiento del Fondo Mundial para la Conservación y la Cooperación de Italia. El proyecto involucra a 54 comunidades a nivel nacional y 11 cultivos, entre los cuales se encuentran los tubérculos andinos (Pastor *et al*. 2004). El proyecto ha centrado su atención en documentar y registrar las chacras (georeferenciadas), sus cultivos y variedades, también el tipo de manejo agronómico, los factores (socio-cultural, biológicos y climáticos) que inciden en la producción, información etnobotánica sobre usos, los mecanismos tradicionales de mantenimiento de la diversidad y flujo de semillas. Pero también el proyecto está implementando acciones para fortalecer la conservación *in situ*, como por ejemplo el apoyo a ferias de diversidad, promoción de concursos, difusiones radiales, talleres y otras actividades dirigidas a revalorar los cultivos nativos, intercambio entre agricultores y búsqueda de mercados para los productos de la biodiversidad de los cultivos nativos (Pastor *et al*. 2004).

En Bolivia el fortalecimiento a la conservación *in situ* de tubérculos (papa nativa, oca, papalisa e isaño) se concentró en el Municipio de Colomi (Cochabamba), particularmente en la zona de Candelaria, identificada como un microcentro de diversidad de tubérculos andinos. Así con base en la experiencia y lecciones aprendidas en una década (1993-2003), se elaboró una estrategia de fortalecimiento a la conservación *in situ* que consiste en el accionar de tres componentes complementarios entre sí: ecológico, cultural y económico-productivo, además de dos componentes transversales: relación *in situ-ex situ* y los usos de la biodiversidad (García & Cadima 2003). En el componente ecológico, se ha realizado la caracterización de la zona como un microcentro de diversidad; el estudio de las dinámicas locales para la conservación de la biodiversidad y la formación de bancos comunales de tubérculos andinos (jardín de variedades). En el componente socio-cultural se ha trabajado en el rescate de las tradiciones

y costumbres ligadas al saber local sobre los usos de la diversidad de tubérculos andinos, en el empoderamiento de los actores locales (escuelas rurales, agricultores y gobierno municipal) sobre la potencialidad de los recursos genéticos, la gestión de la biodiversidad en las políticas municipales y en el desarrollo de iniciativas de agroturismo y ecoturismo rural. En el componente económico-productivo, se ha realizado un diagnóstico de las principales limitantes bióticas, abióticas y económicas para los cultivos y se ha desarrollado y difundido tecnologías con enfoque participativo (García & Cadima 2003). En el componente relacionado a incrementar los usos de los tubérculos andinos, se ha impulsado la oferta de variedades nativas de calidad (seleccionados y empacados) por microempresas rurales y el desarrollo de productos con valor agregado (harinas, hojuelas, deshidratados, tintes naturales). En el componente de la relación *in situ-ex situ*, se ha trabajado en la promoción de la biodiversidad en diferentes eventos rurales y urbanos a través de exposiciones en ferias de biodiversidad, y en la reintroducción de variedades a través de semilla de calidad fitosanitaria (García & Cadima 2003).

Conservación *ex situ*

A través del proyecto Colaborativo de Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTAs), los tres países realizaron importantes colectas de oca, papalisa e isaño y establecieron bancos de germoplasma con estas colecciones, que actualmente constituyen las colecciones nacionales de sus respectivos países. En la tabla 1 se presenta una relación del número de accesiones de tubérculos andinos existentes en los bancos de germoplasma de Bolivia, Perú y Ecuador. El banco de germoplasma de tubérculos andinos del Ecuador es custodiado por el DENAREF (Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología) del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias); el banco de Bolivia por la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) en el marco del Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación (SINARGEAA) y el banco nacional de tubérculos andinos en el Perú es manejado por el INIEA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria) a través de la Dirección General de Investigación Agraria. El Centro Internacional de la Papa (CIP) mantiene colecciones mundiales de tubérculos andinos.

Caracterización de las colecciones de tubérculos andinos

La caracterización de germoplasma es un proceso importante para conocer las propiedades del material conservado y para fomentar el uso de los mismos, ya sea por agricultores, mejoradores o científicos, industrias, entre otros. La caracterización es la toma de datos mayormente cualitativos, que son altamente heredables para describir y así diferenciar las muestras o accesiones de una colección de germoplasma (Castillo *et al*. 1991 cit. en Tapia *et al*. 2004). Las colecciones de tubérculos andinos en los tres países fueron caracterizadas morfológicamente, utilizando descriptores estándar publicados por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). En el caso de la oca, papalisa e isaño, los descriptores fueron elaborados y consensuados por técnicos encargados del manejo de las colecciones en los tres países, incluyendo los curadores del CIP. En función al análisis de la información de las caracterizaciones, las colecciones fueron agrupadas en morfotipos definidos por caracteres morfológicos y en algunos casos también agronómicos particulares. En la tabla 2 se presenta el resumen de esta información. Adicionalmente, algunos bancos de germoplasma también realizaron

Tabla 1: Número de accesiones de tubérculos andinos en los Andes centrales (en base a INIEA 2004, PROINPA 2004, Tapia *et al*. 2004 y http://www.cipotato.org/potato/potato.htm). Símbolos: * = Especies cultivadas.

Especie*	Bolivia	Ecuador	Perú	Perú (CIP)
Oca	503	101	1.279	555
Papalisa	200	137	432	464
Isaño	80	78	160	86
Papa	1.400	692	-	3.800

caracterizaciones bioquímicas y moleculares adicionales para complementar la información del estudio de la diversidad genética de las colecciones. Esta etapa aún se encuentra en proceso, por lo que se cuentan solo con reportes preliminares.

En el caso del Ecuador, la colección de papalisa fue caracterizada utilizando métodos bioquímicos (isoenzimas) y encontraron 55 grupos en un total de 239 accesiones evaluadas. En la colección de isaño encontraron hasta nueve grupos, también con análisis isoenzimáticos y la colección de oca fue evaluada con RAPDs (Random Amplified Polymorphism DNA), cuya información fue complementaria a la caracterización morfológica (Tapia *et al*. 2004). En Bolivia el uso de técnicas moleculares para complementar la caracterización de la diversidad genética de las colecciones de tubérculos andinos se inició en papa nativa y actualmente se está trabajando también en la caracterización de la colección de oca con marcadores ISSR (Inter Simple Sequence Repeats).

Relación de la conservación *ex situ* con la conservación en fincas de agricultores

Siempre ha sido un reto para todos los curadores de germoplasma el lograr la complementariedad de las dos formas de conservación *ex situ* e *in situ*, porque los mecanismos para conseguir esa complementariedad nunca han sido claros o no han sido definidos. En los tres países se reportan iniciativas para lograr la complementariedad de ambas formas de conservación, siendo algunas las siguientes:

- Reintroducción de germoplasma a las comunidades (flujo *in situ – ex situ – in situ*), lo cual ha permitido reponer algunas variedades que corrían el riesgo de perderse *in situ* por problemas fitosanitarios.
- Participación de agricultores en la selección de materiales promisorios de las colecciones de germoplasma y también en procesos de mejoramiento genético, lo cual ha permitido que los agricultores participen en la obtención de nuevas variedades desde etapas tempranas y el proceso de realiza de acuerdo a las expectativas de ellos (mejoramiento participativo).
- Conservación de germoplasma bajo una lógica *ex situ*, pero en campos de agricultores. Esta iniciativa ha permitido dinamizar el banco y lograr una integración de los agricultores en el proceso de conservación desde la selección de la semilla, las prácticas culturales, el manejo de las colecciones en campo e incluso la caracterización de las variedades.
- Visitas guiadas al banco de germoplasma y talleres con agricultores. Estas actividades permiten que los agricultores aprecien objetivamente la importancia del banco en la conservación de las variedades. Asimismo, se comparten criterios entre técnicos y agricultores sobre metodologías y parámetros de evaluación en campo.

Tabla 2: Número de morfotipos de cada una de las colecciones de tubérculos andinos por país (basado en Cadima *et al*. 2003a, b; INIEA 2004, Tapia *et al*. 2004 y Ugarte & Baudoin 2004).

Especie	Bolivia		Ecuador		Perú	
	No. accesiones	No. morfotipos	No. accesiones	No. morfotipos	No. accesiones	No. morfotipos
Oca	503	181	135	20	1.279	714
Papalisa	200	42	239	20	432	343
Isaño	80	33	78	15	160	131

El uso de técnicas derivadas de la biología molecular como apoyo al fortalecimiento de la conservación *in situ* de cultivos y variedades de tubérculos andinos también se considera un aporte de las técnicas desarrolladas *ex situ* para un mejor entendimiento de la dinámica de la evolución y conservación de la diversidad *in situ*. Se han hallado pocos reportes para tubérculos en esta área. El más reciente es el desarrollado por Emshwiller (2004), quien utilizó marcadores moleculares (tipo AFLPs, polimorfismos por segmentos de longitud amplificada) para comparar datos moleculares con la etnotaxonomía de la oca en comunidades de Cuzco (Perú) y para realizar estudios de los patrones geográficos de la variabilidad genética de este cultivo.

Usos potenciales de tubérculos en los Andes centrales

La erosión genética es una realidad no discutida, pero también son muchos los esfuerzos para frenar esta realidad. Sin embargo, la creación de bancos de germoplasma o los esfuerzos de fortalecer la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad no serán suficientes si no se incrementan las posibilidades de uso de los recursos genéticos, como los tubérculos andinos, pues es una lección aprendida que aquello que no se usa se pierde o se desecha. Al tomar en cuenta a los conocimientos locales y populares de usos en procesos de investigación contribuiría a la conservación sostenible de los recursos genéticos, adicionando un valor a estos recursos a través de la identificación de usos alternativos. Por ejemplo, la industrialización de los tubérculos andinos podría garantizar un mayor acceso a los mercados urbanos. Sin embargo, las posibilidades de incrementar el uso y consumo de la diversidad de estos tubérculos dependerá del conocimiento que se tenga sobre sus principales componentes químicos y de las características físicas, nutricionales y funcionales que se atribuyen para orientar sus posibles usos y aplicaciones.

La información recopilada de estudios realizados en Ecuador, Perú y Bolivia sobre la composición química y valor nutricional de los tubérculos andinos en términos de cantidad y calidad muestra una interesante variabilidad de los contenidos de materia seca, proteína y carbohidratos solubles en variedades de estos cultivos, lo que da pautas para orientar su valor de opción futura. En forma general, los tubérculos andinos son buenas fuentes de almidón, que podrían ser aprovechadas en la industria como posibles fuentes de amiláceas que substituyan total o parcialmente a las fuentes tradicionales. También se tienen datos de caracterización fitoquímica (tabla 3), identificando los principales metabolitos secundarios, útiles en términos de sus propiedades medicinales, alimenticias y estructurales, así como potenciales fuentes de principios activos con aplicación en diferentes áreas de la industria. Como se puede apreciar

Tabla 3: Composición química de tubérculos andinos. Datos expresados en base seca de muestra entera (basado en Espín *et al.* (2004). Abreviación: mf = materia fresca.

Parámetro	Oca	Papalisa	Isaño
Humedad (%)	77.73	84.34	88.70
Cenizas (%)	3.39	5.93	4.81
Proteína (%)	4.60	10.01	9.17
Fibra (%)	2.16	2.63	5.86
Extracto etéreo (%)	1.66	1.24	4.61
Carbohidrato total (%)	88.19	80.12	75.40
Ca (%)	0.012	0.02	0.006
P (%)	0.14	0.263	0.32
Mg (%)	0.0065	0.107	0.11
Na (%)	0.018	0.03	0.044
K (%)	1.30	2.48	1.99
Cu (ppm)	2.25	10.71	9.00
Fe (ppm)	48.85	59.42	42.00
Mn (ppm)	5.35	9.19	7.00
Zn (ppm)	5.95	23.94	48.00
I (ppm)	3.65	-	-
Almidón (%)	42.17	70.50	46.92
Azúcar total (%)	9.68	6.63	42.81
Azúcares reductores (%)	7.62	-	35.83
Energía (Kcal/100g)	399.0	412.0	440.0
Vitamina C (mg/100 g mf)	34.53	26.03	77.37
Eq. Retinol / 100 mf	-	-	73.56
Acido oxálico/100 g mf	82.93	-	-

en la tabla 3, los tubérculos andinos son ricos en carbohidratos, siendo la oca la que presenta el contenido mayor (88.19%). Los carbohidratos solubles, almidón y azúcares presentan una distribución casi equitativa en isaño, en cambio en papalisa y oca, el principal componente es el almidón. Estos componentes presentan importantes características como es la alta digestibilidad de los almidones (alrededor del 90%), que supera a la digestibilidad del almidón del trigo (Espín *et al*. 2004). En cuanto a proteínas, la papalisa presenta el valor más alto, seguido por el isaño. Espín *et al.* (2004) indican también que la digestibilidad de las proteínas, particularmente de la oca es alta en el orden del 91.78%.

Los elementos protectores constituyen las vitaminas y las sales minerales. Respecto a los minerales, la papalisa presenta el valor más alto de potasio (K), seguido por el isaño. En cuanto a sodio (Na) presentan bajos valores, lo que puede ser aprovechado para dietas de personas con problemas de hipertensión que requieren alimentos ricos en potasio y bajo contenido de sodio. Las vitaminas son vitales para el crecimiento y mantenimiento del organismo y necesarias para

varias actividades metabólicas del mismo. Dentro de las vitaminas solubles en agua se identificó que el isaño es la especie más rica en vitamina C y en provitamina A, expresado como equivalentes de retinol (ER) (Espín *et al*. 2004).

Como se mencionó en párrafos anteriores, los tubérculos andinos son fuentes importantes de energía, debido al contenido de almidón. Los diferentes tipos de almidones se diferencian entre sí por el tamaño de los gránulos, su apariencia, sus características físicas y su constitución química, pues existen almidones que están constituidos por una mayor cantidad de amilasa y otros de amilopectina. Los primeros tienen importancia en el campo de las fibras y plásticos y los segundos en el campo alimenticio (Inatsu *et al*. 1983 cit. en Espín *et al*. 2004). En las tablas 4 y 5 se dan referencias de estudios realizados en Ecuador sobre la caracterización física de los almidones de tubérculos andinos y el contenido de amilasa y amilopectina de éstos. El almidón es materia prima para la fabricación de numerosos productos como dextrosa, alcohol, sorbitol, glucósidos metílico, etílico y ácido láctico. Por ello pueden ser fuente de abastecimiento en la elaboración de sustancias orgánicas, en la industria alimenticia, textil, en la industria del papel y en la de los polímeros (Gujska *et al*. 1994 cit. por Espín *et al*. 2004). Dadas estas posibilidades de aplicaciones de los almidones, es importante conocer y estudiar los contenidos, rendimiento y calidad de los almidones de los tubérculos andinos, como posibles fuentes amiláceas que sustituyan parcial o totalmente a las materias primas tradicionales. En este sentido, el desarrollo agroindustrial y la comercialización de los tubérculos andinos ofrecen perspectivas de gran valor en la economía de los países andinos.

Tabla 4: Tamaño y forma de los gránulos de varios almidones (en base a Villacrés & Espín 1998 cit. en Espín *et al.* 2004).

Especie	Eje mayor (micras)	Eje menor (micras)	Forma
Oca	30.94 ± 2.40	19.13 ± 1.08	Ovoidal
Papalisa	24.06 ± 1.86	16.45 ± 1.85	Ovoidal
Isaño	15.00 ± 1.96	13.07 ± 1.70	Esférica
Papa	30.90 ± 1.23	19.72 ± 1.70	Ovoidal

Tabla 5: Contenido de amilasa / amilopectina, en el almidón de Tas (basado en Villacrés & Espín 1998 cit. en Espín *et al.* 2004).

Almidón	Amilasa (%)	Amilopectina (%)
Oca	30	70
Papalisa	26	74
Isaño	27	73
Papa	28	72

Referencias

Acosta-Solís, M. 1980. Tubérculos, raíces y rizomas cultivados en el Ecuador. Pp. 175-214 En: Corral, L. & J. H. Cáceres (eds.) II Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, 4-8 junio 1979, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería Agronómica, IICA, OEA, Riobamba.

Arbizu, C. 2004. Clasificación y morfología (Capítulo 2). pp. 5-11 En: G. López & M. Hermann (eds.). El Cultivo del Ulluco en la Sierra Central del Perú. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.3. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional del Centro, Instituto Vida en los Andes, Universidad Nacional Agraria La Molina, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Lima.

Arbizu, C. & F. Vivanco. s/a. Descriptores de mashua. Centro Internacional del Papa. Lima.

Arbizu, C. & M. Tapia. 1992. Tubérculos andinos. Pp. 147–161En: J. Hernández & J. León (eds.). Cultivos Marginados: Otra Perspectiva de 1492. FAO – Producción y Protección Vegetal (26).

Barrera, V., P. Espinosa, C. Tapia, A. Monteros & F. Valverde. 2004. Caracterización de las raíces y los tubérculos andinos en la ecoregión andina del Ecuador (Capítulo1). pp. 3-30 En: V. Barrera, C. Tapia & A. Monteros (eds.). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y Uso Sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Quito – Lima.

Cadima, X., García, W. & J. Ramos (eds) 2003a. Conservación y producción de la papalisa (*Ullucus tuberosus*). Documento de trabajo No.23. Fundación PROINPA. Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTAs). Proyecto Papa Andina, Cochabamba. 84 p.

Cadima, X., García, W. & F. Patiño. (eds) 2003b. El isaño (*Tropaeolum tuberosum* R&P). Avances en la investigación de un cultivo subutilizado. Documento de trabajo No.24. Fundación PROINPA. Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTAs). Proyecto Papa Andina. Cochabamba. 49 p.

Caicedo, C., L. Muñoz, A. Monteros & C. Tapia. 2004. Producción agroecológica y limpieza de virus de melloco (Capítulo 3). pp. 75-90 En: V. Barrera, C. Tapia & A. Monteros (eds.). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y Uso Sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, COSUDE, Quito y Lima.

Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. Segunda Edición. Editorial Los Amigos del Libro, La Paz y Cochabamba. 333 p.

Castillo, R., J. Estrella & C. Tapia. 1991. Técnicas para el manejo y uso de los recursos fitogenéticos. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología, INIAP, Quito. 248 p.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Colombia University Press, Nueva York.

Darlington, C.D. & A. Janaki. 1945. Chromosome atlas of cultivated plants. Londres.

Del Río, C. A. 1990. Análisis de la variación isoenzimática de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y su distribución geográfica. Tesis Licenciado en Biología, Universidad Ricardo Palma, ciudad. 61 p.

Emshwiller, E.A. 1999. Origins of domestication and polyploidy in the Andean Tuber Crop *Oxalis tuberosa* Molina (Oxalidaceae). Tesis PhD, Cornell University, Ithaca.

Emshwiller, E.A. 2004. Patrones de diversidad genotípica en el cultivo de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) – Datos de marcadores AFLP comparados con la etnotaxonomía. En: Congreso Internacional de Cultivos Andinos (XI, 2004, Cochabamba). [Memorias].

Fundación para la Promoción y la Investigación de Productos Andinos (PROINPA), Cochabamba.

Espín S., E. Villacrés & B. Brito. 2004. Caracterización físico-química nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. (Capítulo 4). pp. 71-116 En: V. Barrera, C. Tapia & A. Monteros (eds.). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y Uso Sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, COSUDE, Quito-Lima..

Espinoza, P., R. Vaca, J. Abad & C.C. Crissman. 1996. Raíces y tubérculos andinos, cultivos marginados en el Ecuador. Situación actual y limitaciones para la producción. Centro Internacional de la Papa-Estación Quito. Departamento de Ciencias Sociales, Quito. 178 p.

García, W. & X. Cadima (eds). 2003. Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos: Síntesis de investigaciones y experiencias en Bolivia. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). 1. Fundación PROINPA, Alcaldía de Colomi, Centro Internacional de la Papa (CIP), Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Cochabamba. 208 p.

García, W., X. Cadima, F. Terrazas & A. Gandarillas. 2003. La agrobiodiversidad sostenible: conservación *in situ* y *ex situ*. Pp. 2-12 En: García, W. & X. Cadima (eds) Manejo Sostenible de la Agrobiodiversidad de Tubérculos Andinos: Síntesis de Investigaciones y Experiencias en Bolivia. Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos: Una Década de Investigación para el Desarrollo (1993-2003). 1. Fundación PROINPA, Alcaldía de Colomi, Centro Internacional de la Papa (CIP), Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Cochabamba.

Gaspar, S. 1998. Caracterización morfológica y nivel de ploidia en cultivares de Oca (*Oxalis tuberosa M.),* Papalisa (*Ullucus tuberosus C.*), e Isaño (*Tropaeolum tuberosum R.*) Tesis Ing. Agronómica, Univesidad Mayor de San Simón, Cochabamba.

Gibbs, E., D. Marshall & D. Brunton. 1978. Studies on the cytology of *Oxalis tuberosa* and *T. tuberosum*. Royal Botanic Garden, Kew.

Gonzales, S., Almanza, J., Oros, R. & A. Devaux. 2003. Producción de oca (*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*): Avances en la investigación del manejo agronómico. Documento de trabajo No.22. Fundación PROINPA. Programa Colaborativo de Manejo, Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos (PBRTAs). Proyecto Papa Andina, Cochabamba. 50 p.

Grau, A., R. Ortega Dueñas, C. Nieto Cabrera & M. Hermann. 2003. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz and Pav.) promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 25. International Potato Center, Lima, Perú / International Plant Genetic Resources Institute, Roma. 65 p.

Gujska, E., D. Reinhard, K. Khan. 1994. Physicochemical properties of field pea, pinto and navy bean starches. J. Food Sc. 59(3): 634-636.

Hermann, M. 1992. Raíces y tubérculos andinos: prioridades de investigación para un recurso alimentario pospuesto. Centro Internacional de la Papa, Lima.

Huynh, K.L. 1967. Caryosystématique dans le genre *Tropaeolum* L.1: *T. cochabambae* Buch., *T. pubescens* H.B.K. et *T. tricolor* Sweet. Bulletin de la Societé Botanique de Suisse 77: 309–313.

Inatsu, O., I. Maeda, J. Nobuko & K. Takahashi. 1983. Some properties of Edible Canna Starch produced in Taiwan. Soc. Sci. 30(1): 38-47.

INE (Instituto Nacional de Estadística), 1999. Estadísticas agropecuarias 1984-1998. La Paz. 207 p.

INIEA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria). 2004. Tríptico Proyecto Conservación, Manejo y Uso Sostenible de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos en la Sierra del Perú. Dirección General de Investigación Agraria (www.inia.gob.pe/genetica/tritipico_PRY-INIA-COSUDE.pdf).

IPGRI / CIP. 2001. Descriptores de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.). Instituto Internacional de Recursos

Filogenéticos, Centro Internacional de la Papa, Lima. 52 p.

IPGRI / CIP. 2003. Descriptores de ullucus (*Ullucus tuberosus*). Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos - Centro Internacional de la Papa, Lima. 42 p.

Jarvis, D., L. Myer, H. Klemick, L. Guarino, M. Smale, A. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit & T. Hodgkin. 2000. A training guide for *in situ* conservation on-farm. Versión 1. International Plant Genetic Resources Institute, Roma. 160 p.

Johns, T. & G.H.N.Towers. 1981. Isothiocyanates and thioureas in ensyme hydrolysates of *Tropaeolum tuberosum*. Phytochemistry 20: 2687 – 2689.

León, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-Zona Andina. Lima, Perú. Boletín Técnico (6): 5-34.

Lescano, J.L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos. Programa interinstitucional de Waru Waru. Proyecto Especial Binacional. Convenio INADE / PELT COTESU. La Paz.

López, G. 2004. Tubérculos-semilla (Capítulo 7). pp. 83-104En: G. López & M. Hermann (eds.). El Cultivo del Ulluco en la Sierra Central del Perú. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.3. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional del Centro, Instituto Vida en los Andes, Universidad Nacional Agraria La Molina, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Lima.

NRC (National Research Council). 1989. Lost crops of the Incas. Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press. Washington, D.C.

Pastor, S,, A. Campana, C. Uchima, T. Medina, T. Sauñi, L. Calua, S. Dávila, R. Becerra, J. Ríos, S. Altamirano, M. Huacachi, A. Martínez, J. Fernández, V. Gonzales, J. Llacsa, V. Ruiz, F. Huamán, W. Ríos, P. Díaz, W. Mamani, P. Ramírez, S. Iman & M. Holle. 2004. Conservación *in situ* de los cultivos nativos en el Perú: Experiencias del INIA en el contexto de un proyecto nacional. En Congreso Internacional de Cultivos Andinos (XI, 2004, Cochabamba), Fundación para la Promoción y la Investigación de Productos Andinos (PROINPA).

Rea, J. 2004. Soberanía alimentaria y sistemas bolivianos andinos. XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Fundación PROINPA, Consejo Interuniversitario de Bélgica, CIUF, Cochabamba.

Repo, R. & J. Kameko. 2004. Procesamiento (Capítulo 9). pp. 119-133En: G. López & M. Hermann (eds.). El Cultivo del Ulluco en la Sierra Central del Perú. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.3. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional del Centro, Instituto Vida en los Andes, Universidad Nacional Agraria La Molina, COSUDE, Lima.

Román, N.A. & J.M. García. 1997. Citogenética de *Tropaeolum tuberosum*. Resúmenes. X Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Cuzco, Perú.

Sparre, B. & L. Andersson. 1991. A taxonomic revision of the Tropaeolaceae. Opera Botanica Ser. B Nº 2.

Sperling, C.R. 1987. Systematic of the Basellacea. PhD. Thesis, Harvard University, Cambridge, Massachussets. 279 p.

Tapia, C., R. Castillo & N. Mazón. 1996. Catálogo de Recursos Genéticos de Raíces y Tubérculos Andinos en Ecuador. INIAP-DENAREF. 180 p.

Tapia, C., J. Estrella, A. Monteros, F. Valverde, M. Nieto & J. Córdova. 2004. Manejo y conservación de RTAs *in situ* en fincas de agricultores y *ex situ* en el banco de germoplasma de INIAP (Capítulo 2). Pp. 31-74 En: V. Barrera, C. Tapia & A. Monteros (eds.). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la Conservación y Uso Sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). No.4. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Quito – Lima.

Terrazas, F. & G. Valdivia. 1998. Spatial dynamics of *in situ* conservation: handling the genetic

diversity of Andean tubers in mosaic systems.Plant Genetic Resources Newsletter. FAO/IPGRI (114): 9-15.

Torrico, E., X. Cadima, J. Zeballos, J. Gabriel & J.A. Rojas. 2004. Análisis de los niveles de ploidía en papa, oca e isaño conservadas en el banco nacional de tubérculos y raíces andinas utilizando técnicas citogenéticas y moleculares. En Congreso Internacional de Cultivos Andinos (XI, 2004, Cochabamba), Fundación para la Promoción y la Investigación de Productos Andinos (PROINPA).

Ugarte, M.L. & J. P. Baudoin.2004. Conservación *ex situ* de tubérculos andinos análisis de datos de la diversidad genética de la oca (*Oxalis tuberosa* Mol.). Congreso Internacional de Cultivos Andinos (XI, 2004, Cochabamba), Fundación para la Promoción y la Investigación de Productos Andinos (PROINPA).

Valladolid, A, C. Arbizu, & D. Talledo. 1994. Niveles de ploidía de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) y sus parientes silvestres. Agro Sur 22: 11-12.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 370-384.

Las plantas de fibra

Manuel J. Macía

Real Jardín Botánico de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas,
Plaza de Murillo 2, E-28014 Madrid, España
email: mmacia@rjb.csic.es

Abstract

The use and management of fiber plants has been of great importance to the advance of human civilization. In order to study their importance in the central Andean region, a bibliographical review about the uses of fiber plants in Ecuador, Peru and Bolivia was carried out. A total of 67 species belonging to 24 families of vascular plants were found. The families with the highest number of species were Poaceae (18), Arecaceae (10), Asteraceae (6), Fabaceae s.l. (5) and Malvaceae (4). The use-categories with the highest number of species were basketwork (35), ropes (19), house roofing-thatch (19), and brooms (18). Today, the use of fiber plants has a great importance for the rural and peasant Andean communities, because they provide many domestic resources for people with scarce economic resources. The basketwork, ropes and textile products shape an important part of the material culture of the Andean region. The products made with *Agave americana, Arundo donax, Aulonemia queko, Furcraea andina, Heteropsis ecuadorensis, Juncus arcticus,* and *Schoenoplectus californicus* are commercialized in local or national markets and their exploitation represent a good source of income for the families who primarily work with the plants. The monocotyledonous or hard fiber plants had a great commercial importance than dicotyledonous or soft fiber plants. Both the highest number of fiber plants species and the highest number of commercialized species were reported in Ecuador: however, future more detailed fiber plant ethnobotanical studies in the Andes of Ecuador, Peru and Bolivia is likely to report new useful and commercialized species.
Key words: Fiber plants, Basketwork, Traditional knowledge, Commercialization, Textile.

Resumen

El uso y manejo de las plantas de fibra ha sido de capital importancia para el avance de la civilización humana. Para estudiar su importancia en la región de los Andes centrales, se realizó una revisión bibliográfica sobre los usos de las plantas de fibra en Ecuador, Perú y Bolivia. En total se encontraron 67 especies pertenecientes a 24 familias de plantas vasculares. Las familias con un mayor número de especies fueron Poaceae (18), Arecaceae (10), Asteraceae (6), Fabaceae s.l. (5) y Malvaceae (4). Las categorías de uso que tuvieron un mayor número de especies fueron cestería (35), cordelería (19), techado de casas (19) y fabricación de escobas (18). En la actualidad, el uso de las plantas de fibra tiene gran importancia en las sociedades rurales y campesinas andinas porque ofrecen multitud de recursos domésticos para gente con escasos recursos económicos. Los productos de cestería, cordelería y textiles conforman una parte importante de la cultura material de la región andina. Los productos elaborados con *Agave americana, Arundo donax, Aulonemia queko, Furcraea andina, Heteropsis ecuadorensis, Juncus arcticus* y *Schoenoplectus californicus* se comercializan en los mercados locales o nacionales y su explotación representa una buena fuente de ingresos económicos para las familias que trabajan intensivamente con las plantas. Las monocotiledóneas o plantas de fibra dura tuvieron mayor importancia comercial que las dicotiledóneas o plantas de fibra blanda. En Ecuador se registró el mayor número de especies de plantas de fibra y el mayor número de especies comercializadas, sin embargo, estudios más detallados de etnobotánica de plantas de fibra en los Andes de Ecuador, Perú y Bolivia, aportarán nuevas especies útiles y comercializables.
Palabras clave: Fibras vegetales, Cestería, Conocimiento tradicional, Comercialización, Textil.

Introducción

El conocimiento y explotación de las fibras vegetales ha sido la labor más importante para el avance de la civilización humana tras la utilización, manejo y domesticación de las plantas alimenticias (Hill 1937, Maiti 1995). Las necesidades humanas básicas de vestimenta y cobijo para protegerse del medio en el que se habita, se han cubierto tradicionalmente y en gran medida, con plantas de fibra en todas las culturas humanas. Además, las plantas de fibra han conformado una parte importante en la cultura material de múltiples sociedades en el mundo, ya que han sido la materia prima básica para construir diversos utensilios de uso doméstico, herramientas de caza y pesca, fabricación de papel, materiales para cordelería, trenzado y tejido artesanal, así como fibras para relleno de colchones, almohadas y otros productos (Maiti 1995, Arenas 1997, Levetin & McMahon 1999, Macía 1999, Pearsall 2000).

Los Andes centrales de Ecuador, Perú y Bolivia conforman una enorme región natural con gran diversidad biológica de ecosistemas forestales (bosques tropicales montanos, bosques de niebla, bosques secos interandinos) y no forestales (páramo y puna), donde los pobladores locales han utilizado múltiples especies de plantas como materia prima para la obtención de fibra en todos estos hábitats. Las plantas de fibra han tenido y siguen teniendo gran importancia en la vida cotidiana de los pobladores andinos, principalmente en las localidades más rurales y campesinas, por lo que conforman una parte esencial en sus culturas. Las necesidades en cestería, cordelería, tejidos y numerosos productos menores se cubren satisfactoriamente con la utilización de una amplia variedad de plantas de fibra, algunas globalmente distribuidas y cultivadas por todo el planeta, como el algodón (*Gossypium barbadense*), el lino (*Linum usitatissimum*) y el yute (*Corchorus capsularis*, *C. olitorius*), mientras que otras se utilizan mayormente a nivel local a lo largo de la región andina, como la totora (*Schoenoplectus californicus*) y el maguey (*Agave americana*) (Figura 1). Además de su importancia cultural en las comunidades andinas, las plantas de fibra son una buena fuente de ingresos económicos complementarios para los pobladores locales que trabajan con diversas especies (Acosta-Solís 1952, Cuvi 1994, Beck *et al*. 2001), pero incluso llega a ser la fuente de ingresos monetarios más importante para muchas familias andinas que se dedican principalmente a la explotación y comercialización de diversos productos artesanales obtenidos de plantas de fibra, para la venta al turismo nacional y extranjero (Macía & Balslev 2000, Macía 2001). En algunas regiones rurales alejadas de las ciudades, los productos elaborados con plantas de fibra se utilizan como intercambio o trueque con otros productos locales (Torrico *et al*. 1994).

En este estudio se han considerado las plantas de fibra que viven o se cultivan a escala regional en los Andes centrales, pero no se han incluido las especies que se cultivan para manufacturar productos de distribución global y que son ampliamente utilizadas en el mundo, por ejemplo el algodón, el lino y el yute; ni tampoco las especies que se cultivan en otras regiones no andinas de los tres países, aunque la elaboración de algunos de sus productos se desarrolle en la propia región andina, como por ejemplo los conocidos sombreros de paja toquilla o Panamá (*Carludovica palmata*) o la elaboración de escobas con la palma de fibra (*Aphandra natalia*) en Ecuador. No obstante, se han considerado las plantas de fibra en un sentido amplio, como aquellas plantas que se emplean en las labores textiles, para cestería y cordelería, en la fabricación de escobas y finalmente, las que se han empleado para construir el techado de viviendas, ya que en la mayor parte de los casos se usan técnicas de tejido o trenzado. El objetivo principal de este trabajo es documentar todos los usos de las plantas de fibra en la región andina de Ecuador, Perú y Bolivia mediante una revisión bibliográfica.

Fig. 1: Mercado de Santa Clara en Quito (Ecuador) con varias tiendas que comercializan múltiples productos elaborados con plantas de fibra, procedentes de diversas regiones del país. Foto: M. Macía.

Origen y clasificación de las fibras vegetales

Las fibras vegetales propiamente dichas se componen de células largas y delgadas de esclerénquima. Estas células tienen la característica de desarrollar una segunda pared vegetal, dentro de la primera, cuando la célula ha completado su crecimiento, con lo que finalmente se conforman paredes celulares mucho más gruesas que en otro tipo de células. Su función es la de dar soporte, dureza y rigidez a los tejidos vegetales. La composición de la pared celular de las fibras vegetales es principalmente de celulosa y en segundo término de lignina, pero también se pueden encontrar taninos, gomas, pectinas y otros polisacáridos.

Las fibras se encuentran en varias partes de la planta, corteza, tallo o tronco, ramas, hojas, pero son más frecuentes en los tejidos vasculares. En función de la localización de la fibra en la planta, se las clasifica en tres grupos: 1) fibras blandas, cuando la fibra se encuentra en el floema de los tallos; se presenta en las dicotiledóneas, por ejemplo en el lino, yute o cáñamo (*Cannabis sativa*), 2) fibras duras, cuando las fibras se encuentran en el floema de las hojas en forma de haces que se sobreponen unos con otros, lo que los hace más fuertes por su mayor lignificación; se presenta en las monocotiledóneas, por ejemplo maguey, cabuya (*Furcraea andina*) o abacá (*Musa textilis*) y 3) fibras de superficie, que corresponde a los pelos de la epidermis de la semilla, por ejemplo en el algodón.

Extracción de la fibra

En los casos en que solamente se desea obtener la fibra de la planta, se la extrae por dos métodos principalmente. El primero de ellos se emplea para extraer las fibras blandas y se denomina enriado. Consiste en poner la materia prima a remojo en unas balsas con agua estancada, o bien directamente en el curso de ríos con poca corriente (Maiti 1995, Macía 1999). El proceso suele durar entre 1-3 semanas, dependiendo de la cantidad de materia prima y de la dureza de la fibra a extraer. Con ello se consigue que los tejidos blandos se descompongan por efecto de la degradación microbiana, dejando las hebras o hilos de fibra libres. Posteriormente se sacan del agua, se limpian y se lavan las fibras obtenidas y se dejan secar al sol.

El segundo método se emplea normalmente para extraer las fibras duras y se denomina descortezación (Maiti 1995, Levetin & McMahon 1999). Para ello, se separan mecánicamente la corteza de los tejidos vegetales que contienen las fibras a mano, o bien industrialmente con el uso de maquinaria. Posteriormente se secan al sol y finalmente la fibra se suele extraer mediante un proceso químico. Para ello se meten las fibras en agua con sosa cáustica, fosfatos u otros químicos para eliminar las gomas y pectinas que contienen los tejidos de la propia fibra. Después se sacan del agua, se lavan y se dejan secar al sol.

Clasificación en categorías de uso

Los usos de las plantas de fibra registradas en la bibliografía se han agrupado en ocho categorías: (1) Cestería, es la confección de productos tejidos con fibras vegetales, por ejemplo canastas, esteras, sombreros, ramos para Semana Santa o trampas para pesca; (2) Cordelería, es el trenzado de fibras vegetales para elaborar cuerdas, sogas y otros materiales para ataduras y amarres; (3) Techado de casas; (4) Fabricación de escobas; (5) Material para el relleno de colchones, almohadas y utensilios para montar caballerías; (6) Textil, es la confección de productos, a partir de la extracción de la fibra, mediante un proceso de hilado, entrelazado y/o tejido, por ejemplo para elaborar bolsos o shigras, ropa, calzado, telas o alfombras; (7) Construcción de embarcaciones; y (8) Comercial, cualquier producto de fibra que se venden en los mercados locales.

Resultados generales

Se encontraron 67 especies de plantas de fibra pertenecientes a 24 familias, de las que 34 especies y siete familias fueron monocotiledóneas y las otras 33 especies, pertenecientes a 17 familias fueron dicotiledóneas (Tabla 1). Las familias con un mayor número de especies fueron Poaceae (18) y Arecaceae (10), ambas monocotiledóneas, seguidas por Asteraceae (6), Fabaceae s.l. (5), Malvaceae (4) y Bignoniaceae (3), todas ellas dicotiledóneas. Ecuador fue el país que tuvo un mayor número de especies y usos de plantas de fibra, mientras que Perú y Bolivia tuvieron valores similares (Tabla 1).

Las categorías que tuvieron un mayor número de especies fueron las de cestería, cordelería, techado de casas y fabricación de escobas (Tabla 2). El uso de las plantas de fibra para cestería fue claramente la utilidad más importante en los tres países andinos y Bolivia registró el mayor número de especies. Sin embargo, para cordelería, techado de casas y elaboración de escobas, el mayor número de especies se registró en Ecuador, mientras que Perú y Bolivia tuvieron números similares. En Perú no se encontró ninguna especie empleada para relleno de colchones o almohadas. Las dos especies empleadas para uso textil pertenecieron a la familia Agavaceae, que fue registrada en los tres países. La única especie empleada para construir embarcaciones en Ecuador, Perú y Bolivia fue la totora (*Schoenoplectus californicus*). Ecuador fue el país en el que se comercializó un mayor número de especies de plantas de fibra (Tabla 2).

Se emplearon indistintamente las especies de monocotiledóneas (con fibras duras) y dicotiledóneas (con fibras blandas) para la mayoría de los usos de las plantas de fibra. Sin embargo, para las categorías de techado de viviendas, material para relleno y fabricación de textiles y embarcaciones, se utilizaron únicamente las especies de monocotiledóneas. Todos los productos que se comercializaron pertenecen a especies de fibra dura, con la única excepción de los cestos tejidos con *Tecoma garrocha* (Bignoniaceae) en Bolivia. En Ecuador todas las plantas empleadas en cestería, pertenecieron también a especies de fibra dura.

Tabla 1: Familias y número de especies de plantas de fibra registradas para la región andina de Ecuador, Perú y Bolivia, respectivamente.

Familia	Ecuador	Perú	Bolivia	Total de especies por familia
Agavaceae	2	1	2	2
Araceae	1			1
Arecaceae	7		5	10
Asteraceae	1	1	5	6
Bignoniaceae		1	2	3
Cecropiaceae	1			1
Columelliaceae		1		1
Cyperaceae	1	1	1	1
Euphorbiaceae		1		1
Fabaceae s.l.	2	2	1	5
Juncaceae	1			1
Malvaceae	4			4
Melastomataceae	1			1
Poaceae	8	9	5	18
Podocarpaceae	1			1
Polemoniaceae		1		1
Rosaceae		1	1	1
Salicaceae			2	2
Sapindaceae				1
Saxifragaceae		2		2
Solanaceae		1		1
Tiliaceae	1			1
Typhac	1			1
Ulmaceae	1			1
Total de especies por país	34	22	24	67

Especies utilizadas por su fibra

Se han utilizado las siguientes abreviaturas para los países, B: Bolivia, E: Ecuador, P: Perú. Para los nombres vernáculos: a) Aymara, e) español, q) Quichua o Quechua.

Agavaceae

Agave americana L. B: maguey, sábila (e); chuchawi tika, chunta, pajpa (q). Con la fibra que se extrae de las hojas se elaboran sogas y costales resistentes (Killeen *et al.* 1993, Torrico *et al.* 1994). E: cabuya negra, cabuyo negro, cabuyo verde, maguey, penca, penco, penco negro (e); yana chahuar (q). La fibra que se extrae de las hojas se emplea para hacer shigras o bolsos, cuerdas para distinto tipo de amarres, especialmente para atar materiales vegetales en la construcción de techos de viviendas, sogas para amarrar vacas, para fabricar costales, lonas, alpargatas (Figura 2), felpudos

Tabla 2: Distribución del número de especies por categoría de uso para las plantas de fibra registradas en los Andes de Ecuador, Perú y Bolivia.

Categoría de uso	Ecuador	Perú	Bolivia	Total de especies por categoría de uso
Cestería	12	11	17	35
Cordelería	10	6	6	19
Techado de casas	9	6	7	19
Fabricación de escobas	10	4	4	18
Material para relleno	3	0	5	8
Textil	2	1	2	2
Construcción de embarcaciones	1	1	1	1
Comercial	11	1	4	13

y alfombras (Acosta-Solís 1952, Cerón 1994, Cuvi 1994). Hay un gran mercado de compra-venta de esta fibra en Riobamba y muchos productos se comercializan en distintos mercados del país. P: chuchas, paqpa (q).

Furcraea andina Trel. B: kkawara a); cabuya, maguey blanco (e); chuchau, pajpa (q). De las hojas se extraen fibras con las que se tejen cordeles y telas (Killeen *et al.* 1993). E: cabuyo blanco, penco blanco (e). Con la fibra extraida de las hojas se elaboran shigras o bolsos, cuerdas, sogas, costales, lonas, alpargatas, felpudos, alfombras y estropajos (Velasco 1927, Acosta-Solís 1952, Cerón 1994, Cerón & Montesdeoca 1994, Cuvi 1994). Los productos elaborados se comercializan por todo el país. P: chuchau, chunta-pacpa (q). Se emplea para fabricar sogas y redes (Herrera 1941).

Araceae

Heteropsis ecuadorensis Sodiro E: mimbre, piquigua, pitigua (e). Las raíces aéreas de esta planta hemiepífita se emplean en cestería para la elaboración de muebles, esteras, aventadores, escobas y en cordelería para todo tipo de amarres (Acosta-Solís 1952); se comercializan en las principales ciudades del país.

Arecaceae

Aiphanes verrucosa Borchs. & Balslev E: chonta (e). Las hojas de esta palma endémica del sureste de Ecuador se usan para el techado de casas (Van den Eynden *et al.* 1999).

Ceroxylon alpinum Bonpl. ex DC. E: palma de ramo, palma real, palmito (e). Las pinnas de las hojas jóvenes apicales en desarrollo (de color amarillo) se emplean para tejer ramos que se comercializan en la celebración del Domingo de Ramos y durante la Semana Santa (Borchsenius *et al.* 1998).

Ceroxylon echinulatum Galeano E: palma de ramo, pumbo (e). Las hojas jóvenes se emplean para tejer ramos para las fiestas de Semana Santa y se comercializan (Borchsenius *et al.* 1998).

Ceroxylon parvifrons (Engel) H. Wendl. B: palma (e). Con las hojas jóvenes de color amarillo brillante se tejen ramos ceremoniales durante la Semana Santa (Moraes 1996b). E: palma real, ramos (e). Las pinnas de las hojas jóvenes apicales se usan para tejer ramos que se comercializan en la celebración del Domingo de Ramos y durante la Semana Santa (Acosta-Solís 1952, Borchsenius *et al.* 1998).

Ceroxylon parvum Galeano B: palma, palma amarilla, vicuña palmito (e). Las hojas se emplean para techado de viviendas (Moraes 1996b).

Fig. 2: Alpargatas tradicionales masculinas de los nativos de Otavalo (provincia de Imbabura, Ecuador), cuya suela se ha tejido con la fibra extraída de *Agave americana* y que se comercializan en el mercado de Otavalo. Foto: M. Macía.

Ceroxylon ventricosum Burret E: palma de tambán, tambán (e). Las hojas se emplean para techado de casas. Las pinnas de las hojas jóvenes apicales (de color amarillo) se utilizan para tejer esteras, sombreros, cinturones y para hacer ramos y otros objetos que se venden para el Domingo de Ramos y durante la Semana Santa (Acosta-Solís 1952, 1961, Borchsenius *et al.* 1998).

Ceroxylon vogelianum (Engel) H. Wendl. B: palma (e). Las hojas jóvenes para tejer ramos para el Domingo de Ramos (Moraes 1996b). E: coco (e). Las hojas se usan para el techado de casas (Van den Eynden *et al.* 1999).

Geonoma undata Klotzsch E: hoja ancha (e). Las hojas se utilizan ocasionalmente para el techado de viviendas (Borchsenius *et al.* 1998).

Parajubaea sunkha M. Moraes B: corozo, palma sunkha, sunkha (e). Las hojas se emplean para tejer canastas, aventadores y también para techado de viviendas y con las fibras de las vainas de las hojas se trenzan cuerdas y se rellenan colchones y almohadas (Moraes 1996a, 1996b).

Parajubaea torallyi (Mart.) Burret B: manzana, palma, palma loro, palmera de Pasopaya (e); janchi coco (q). Las hojas jóvenes se emplean para tejer ramos que se emplean en ceremonias religiosas locales y se comercializan durante la Semana Santa (Torrico *et al.* 1994). Las hojas se emplean ocasionalmente para hacer canastos y aventadores. Se talaban las palmas para extraer las fibras internas del tronco y tejer cuerdas (Moraes 1996a, 1996b).

Asteraceae

Baccharis cf. *densiflora* Wedd. B: chillca, saru-saru (q). Las ramas de este arbusto se emplean para tejer canastos (llamados localmente silos o trojes) en los que se almacenan frutos, tubérculos y granos (Torrico *et al.* 1994).

Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers. E: chilca (e). La corteza se emplea ocasionalmente para amarrar cargas de leña y paja, pero la fibra no es de buena calidad (Acosta-Solís 1952). P: chchillca, mayu-chchillca (q). Las ramas se han empleado en cestería (Herrera 1941).

Baccharis obtusifolia Kunth B: t'ant'a t'ola (a). Las ramas se utilizan para hacer escobas (Pestalozzi 1998).

Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers. B: chilca (q). Los tallos se han empleado para tejer canastas (Cárdenas 1989).

Plazia daphnoides Wedd. B: Ckama-ckama (q). Las ramas jóvenes y más flexibles se

emplean para tejer canastos (llamados localmente silos o trojes) en los que se almacenan tubérculos y granos (Torrico *et al.* 1994).

Viguiera lanceolata Britton B: sunchu (q). Las ramas flexibles se emplean para tejer canastos en los que se almacenan túberculos y granos (Torrico *et al.* 1994).

Bignoniaceae

Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth P: huaranhui (e). Las ramas flexibles se emplean en cestería (Herrera 1941).

Tecoma garrocha Hieron. B: huaranhuayo (q). Con sus ramas se tejen canastos de muy buena calidad que se emplean localmente para la cosecha y transporte de frutos; también se comercializan en las ciudades o se hace trueque por otros productos en el Altiplano (Torrico *et al.* 1994).

Tecoma tenuiflora (A. DC.) Fabris B: guaranguay (q). Las ramas se emplean para tejer canastas (Beck *et al.* 2001).

Cecropiaceae

Cecropia spp. E: guarumo, yarumo (e). La corteza del tronco se ha empleado para amarrar materiales vegetales en la construcción de casas (Acosta-Solís 1961).

Columelliaceae

Columellia obovata Ruiz & Pav. P: p'ispita, wamanpito (q). Los tallos se emplean para hacer cestos (Franquemont *et al.* 1990).

Cyperaceae

Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják B: totora (e). Los tallos tejidos se emplean para hacer pisos (Cárdenas 1989) y también se elaboran esteras de distintos tamaños, para techar viviendas y confeccionar artesanías que se comercializan en las ciudades. Asimismo se construyen pequeñas embarcaciones en el lago Titicaca para la pesca local y también para el transporte de turistas (Figura 3). E: totora (e). El principal uso, desde tiempos precolombinos, es la confección de esteras a partir de los tallos, que se emplean para múltiples actividades, incluyendo como protector del colchón o cama, como mantel, asiento, alfombra o felpudo, para dividir las habitaciones en las viviendas, como paredes, techos (tumbados), puertas, ventanas y cortinas. Las esteras tienen gran demanda comercial, especialmente durante la época de cosecha, ya que se emplean para secar granos, tubérculos y frutos, que se venden por todo el país. La venta de esteras es la fuente económica más importante para muchas familias que trabajan con la planta. También se elaboran aventadores y sirve ocasionalmente como sustituto de ataduras. En el mes de septiembre durante las *Fiestas del Yamor* se hace una competición a remo sobre pequeñas embarcaciones (caballitos) de totora en el lago de San Pablo, provincia de Imbabura. Durante estas fiestas, se tejen sombreros, camisas, bolsos, juguetes y otros productos. Localmente se hacen embarcaciones para pescar o incluso para cosechar la propia totora que crece en las zonas más profundas de los lagos. La materia prima se ha exportado ocasionalmente a varios países de Europa y Estados Unidos (Acosta-Solís 1961, Heiser 1978, Macía & Balslev 2000). P: totora (e). En el lago Titicaca, los Urus construyen pequeñas embarcaciones par pescar y también para cosechar la propia totora. También construyen embarcaciones de mayor tamaño para el transporte de turistas (20-22 personas). Además se construyen pequeñas islas de totora en el lago, sobre las que viven, y con la misma fibra construyen sus propias viviendas. Los tallos se emplean para tejer esteras (quesanas) que se comercializan en los mercados locales y también se usan como paredes, techos y para dividir las habitaciones en las viviendas, se tejen aventadores y otros productos para su venta como artesanías (Heiser 1978, Banack et al 2004).

Fig. 3: Embarcación tradicional del Lago Titicaca en Bolivia construida con los tallos de totora (*Schoenoplectus californicus*). Foto: M: Macía.

Euphorbiaceae

Acalypha aronioides Pax & K. Hoffm. P: p'ispita, t'asta (q). Los tallos se emplean para hacer cestos (Franquemont *et al.* 1990).

Fabaceae

Acacia feddeana Harás B: palqui (q). Las ramas jóvenes del árbol se usan para hacer canastas (Torrico *et al.* 1994).

Dalea sp. E: escobilla (e). Las ramas se emplean para hacer escobas (Brandbyge & Holm-Nielsen 1986).

Senna birostris (Dombey ex Vogel) var. *hookeriana* (Gillies ex Hook. & Arn.) H.S. Irwin & Barneby P: motomoto, motuy, mutuy, saligua (e); c'oca-c'oca, pacte (q). Las ramas de rebrote se emplean para tejer canastas, cestos y para hacer escobas para limpiar el horno (Borel *et al.* 1990).

Senna multiglandulosa (Jacq.) H.S. Irwin & Barneby P: alcaparra, huasalla, motoya, motuy, mutuy (e); c'oca-c'oca (q). Las ramas flexibles se utilizan para tejer canastas y cestos (Borel *et al.* 1990).

Spartium junceum L. E: escoba española, retama (e). Las ramas de este arbusto se emplean para fabricar escobas (Acosta-Solís 1952, Lewis & Klitgaard 2002).

Juncaceae

Juncus arcticus Willd. var. *andicola* E: totora, totora de Castilla, totorilla (e); chicche (q). Con los tallos se confeccionan decenas de artesanías, incluyendo los tradicionales canastos, petacas y maceteros de distintos tamaños y otros más modernos, en los que la totorilla se emplea para forrar diversas piezas de cerámica y botellas de cristal. También se tejen los llamados joyeros, que son un conjunto de siete a ocho cestas cuyo tamaño se va reduciendo progresivamente, de modo que encajan perfectamente una en la otra y al final todas caben en la del tamaño más grande (similar a las muñecas rusas). Todos estos productos se comercializan ampliamente en los mercados de todo el país y las mayores ventas son para turistas extranjeros (Acosta-Solís 1961, Cuvi 1994, Macía 2001). Estos productos solo se elaboran por la población mestiza en la provincia de Cotopaxi (Figura 4).

Con la comercialización de los productos, las familias obtuvieron el 66% del salario mínimo oficial de Ecuador en 1999, lo que representa su principal fuente de ingresos económicos anual (Macía 2001).

Malvaceae

Abutilon ibarrense Kunth E: Hoja blanca (e). Las ramas se emplean localmente como escobas para limpiar los hornos (Cerón & Montesdeoca 1994) y la corteza en cordelería para elaborar cuerdas y sogas (Acosta-Solís 1952).

Sida acuta Burm. f. E: pichanga (q). Las ramas de este arbusto se usan para fabricar escobas (Cerón 1993).

Sida cordifolia L. E: hoja blanca, limpia pan (e). Con las ramas se elaboran escobas para limpiar la ceniza de los hornos de pan (Cerón & Montesdeoca 1994).

Sida rhombifolia L. E: escoba, escobilla (e); shausa-vara (q). Las ramas se emplean para hacer escobas para uso familiar (Acosta-Solís 1952).

Melastomataceae

Brachyotum ledifolium (Desr.) Triana E: ince chaglla, patio fichana (q). Las ramas se usan localmente para hacer escobas (Cerón *et al.* 1994).

Poaceae

Arundo donax L. B: cañahueca (e); sockos (q). Los tallos secos se tejen para elaborar esteras (sackas) que se emplean para el secado de

Fig. 4: Diversos productos elaborados con tallos de totorilla (*Juncus arcticus* var. *andicola*) y comercializados en el mercado de Latacunga (provincia de Cotopaxi, Ecuador). Foto: M. Macía.

granos y frutas y para el techado de construcciones. Asimismo se emplean para elaborar canastas de uso doméstico, juguetes, cunas, sombreros o trampas para pescar peces pequeños (Cárdenas 1989, Torrico *et al.* 1994). Estos productos se comercializan en los mercados locales y ocasionalmente en el Altiplano se intercambian familiarmente por otros bienes. E: carrizo (e). Se tejen los tallos y se emplean para hacer esteras, en la construcción de paredes, techos o tumbados, como cercas para delimitar propiedades, jardines o gallineros, para aventadores, canastos de distintos tamaños (Figura 5) y jaulas para pájaros (Acosta-Solís 1952, Cuvi 1994). Los productos de cestería se comercializan ampliamente por todo el país.

Aulonemia queko Goudot E: duda (e). Los tallos se emplean en cestería para elaborar distinto tipo de canastos (Cuvi 1994), que se comercializan en las principales ciudades del país.

Calamagrostis recta (Kunth) Trin. ex Steud. P: ichu (q). La parte aérea de la planta trenzada se emplea para techados de viviendas (Sørensen & Schjellerup 1995).

Chusquea scandens Kunth E: suro (e). Los tallos se tejen para manufacturar canastos, sombreros, aventadores, esteras, en la construcción de paredes, techos o tumbados y como cercas para limitar propiedades (Acosta-Solís 1952, Cuvi 1994).

Cortaderia jubata (Lemoine ex Carrière) Staff E: sigse (e). Las hojas se emplean para techado de casas y las inflorescencias para hacer escobas y para relleno de almohadas (Acosta-Solís 1952, 1961, Cerón *et al.* 1994). P: jesje, sacuara (e). Las hojas se utilizan para la confección de cuerdas, esteras y como material de construcción (Herrera 1941, Tovar 1993).

Cortaderia nitida (Kunth) Pilg. E: sigse (e). Las hojas se emplean para techados de casas y las inflorescencias para hacer escobas y para relleno de almohadas (Acosta-Solís 1952, 1961).

Cortaderia sp. *B: cortadera* (e); sehuencka (q). Las hojas se emplean localmente para el techado de casas (Torrico *et al.* 1994).

Festuca dolichophylla J. Presl B: chilliwa (a). La parte aérea de la planta se emplea para fabricar escobas y para relleno de colchones o payasas (Pestalozzi 1998). P: ichu (q). La parte

Fig. 5: Canastos elaborados con carrizo o cañahueca (*Arundo donax*) y comercializados en Riobamba (Ecuador). Foto: M. Macía.

aérea de la planta se emplea para techado de casas (Franquemont *et al.* 1990).

Festuca fiebrigii Pilg. B: Hualla (a). La parte aérea de la planta se emplea como primera capa en el techado de las casas y con el trenzado de los tallos para elaborar sogas (Pestalozzi 1998).

Festuca sublimis Pilg. P: ichu, q'uya (q). Los tallos se emplean para techado de viviendas y para hacer cuerdas y sogas (Franquemont *et al.* 1990).

Hordeum vulgare L. E: cebada (e). La paja se utiliza localmente para relleno de colchones, enjalmas o albardas, que son aparejos empleados con los animales de carga (Acosta-Solís 1952).

Lamprothyrsus hieronymi (Kuntze) Pilg. P: niwa, q'usi niwa (q). La parte aérea de esta planta se usa para el techado de viviendas y mediante el trenzando de los tallos para hacer cuerdas y sogas (Franquemont *et al.* 1990).

Lycurus phalaroides Kunth E: pajilla (e). La parte aérea de la planta se ha empleado para relleno de colchones, aunque es poco duradera (Acosta-Solís 1952).

Muhlenbergia ligularis (Hack.) Hitchc. E: pajilla (e). La parte aérea de la planta se ha empleado para relleno de colchones, aunque es poco duradera (Acosta-Solís 1952).

Muhlenbergia rigida (Kunth) Trin. P: ichu-pichana, q'usi niwa (q). Con el trenzado de los tallos se elaboran cuerdas (Franquemont *et al.* 1990) y la planta completa se utiliza para hacer escobas (Tovar 1993).

Nassella pubiflora (Trin. & Rupr.) E. Desv. P: ichu, pata pasto (q). La parte aérea de la planta se usa para hacer techados de las casas (Franquemont *et al.* 1990).

Sorghum bicolor (L.) Moench P: escoba, maíz-guineo, sorgo (e). La parte aérea seca de esta gramínea introducida y cultivada se emplea para fabricar escobas (Tovar 1993).

Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth B: ichu, sikuya, sikuya wichu (a). La planta entera se emplea para techar las casas (Figura 6) y con la parte aérea se trenza una cuerda para poner a los toros en los cuernos y así protegerles del yugo (Beck 1985, Pestalozzi 1998). También se ha empleado para fabricar escobas (Cárdenas 1989). P: iri ichu, niwaq qhura (q). La parte aérea se emplea en la cubierta de techos, para puertas y como setos para delimitar propiedades (Herrera 1941, Franquemont *et al.* 1990).

Finalmente, con el nombre genérico de paja de páram" (e) se incluyen varias especies de los géneros *Festuca, Stipa* y *Calamagrostis*, que se emplean para el techado de viviendas en Ecuador (Acosta-Solís 1961).

Podocarpaceae

Podocarpus oleifolius D. Don ex Lamb. E: sisín (e). La corteza de este árbol se emplea ocasionalmente para amarrar materiales o en las construcciones de casas (Acosta-Solís 1952).

Polemoniaceae

Cantua buxifolia Juss. P: cantu, cantuta (e); c'antu, ccelmo (q). Las ramas delgadas se utilizan para tejer canastas (Borel *et al.* 1990).

Rosaceae

Kageneckia lanceolata Ruiz & Pav. B: llock'e (q). Las ramas delgadas y más flexibles se emplean para tejer canastas (Torrico *et al.* 1994). P: llocce, lloque (q). La corteza trenzada se ha utilizado para hacer las maromas que se emplearon en la construcción de puentes colgantes (Herrera 1941).

Salicaceae

Salix humboldtiana Willd. B: sauce real (e). Las ramas jóvenes más delgadas y flexibles (llamadas mimbre) se emplean para tejer canastas y muebles (Killeen *et al.* 1993, Torrico *et al.* 1994).

Salix viminalis L. B: mimbre (e). Las ramas jóvenes de este árbol cultivado se emplean para cestería (Killeen *et al.* 1993).

Fig. 6: Techado de casas tradicionales con *Stipa ichu* en la localidad de Sajama (Bolivia) a 4.200 m de altitud. Foto: M. Macía.

Sapindaceae

Dodonaea viscosa Jacq. E: chamana, chamano, crestona (e). Las ramas se usan para hacer escobas (Acosta-Solís 1952).

Saxifragaceae

Escallonia myrtilloides L. f. P: t'asta (q). Las ramas flexibles se emplean para hacer canastos (Franquemont *et al.* 1990).

Escallonia resinosa (Ruiz & Pav.) Pers. P: chachaquma (q). Las ramas jóvenes se emplean para hacer canastos en los que se almacenarán las papas deshidratadas o chuño (Franquemont *et al.* 1990).

Solanaceae

Lycianthes lycioides (L.) Hassl. P: quishwa t'anqar, t'anqar khishqacha, yuraq t'ika t'anqar (q). Las ramas se emplean para hacer escobas (Franquemont *et al.* 1990).

Tiliaceae

Heliocarpus americanus L. E: balsa blanca, balsilla (e). Con la corteza se elaboran sogas (Aguirre 2002).

Typhaceae

Typha domingensis Pers. E: espadaña, junco (e). Los tallos de la inflorescencia se usan para tejer esteras. Las hojas se emplean para el relleno de colchones y de enjalmas (Acosta-Solís 1952).

Ulmaceae

Trema micrantha (L.) Blume E: shalipu muyo (q). La corteza del tronco se emplea para atar materiales vegetales en las construcciones (Cerón 1993).

Conclusiones

La utilización de las plantas de fibra sigue siendo hoy en día de gran importancia en la vida rural y campesina de los pobladores de la región andina en Ecuador, Perú y Bolivia, ya que la mayoría de los trabajos consultados son recientes y tienen menos de 15 años de antigüedad. Estas plantas ofrecen múltiples recursos domésticos para gente con escasos recursos económicos y que de otra manera deberían comprar esos productos o similares con dinero. Además, el uso de las plantas de fibra y la elaboración de decenas de productos de cestería, cordelería y

textiles, conforman una parte destacada de la cultural material que identifica a las comunidades indígenas y rurales andinas.

A pesar de que la mayoría de los usos tienen únicamente importancia local y familiar, existen varias especies (particularmente *Agave americana*, *Arundo donax*, *Aulonemia queko*, *Furcraea andina*, *Heteropsis ecuadorensis*, *Juncus arcticus* o *Schoenoplectus californicus*) cuyos productos se comercializan en alguno de los tres países (especialmente en Ecuador) e incluso algunos productos han sido materia de exportación recientemente (Cuvi 1994, Macía & Balslev 2000). El hecho de que su utilización y explotación represente una parte importante de la renta económica anual para las familias campesinas andinas que lo trabajan intensamente (Macía & Balslev 2000, Macía 2001), podría suponer una sencilla alternativa económica que se debería estudiar con más profundidad para un posible desarrollo económico a pequeña escala en otras regiones con escasos recursos en los respectivos países. Las plantas monocotiledóneas o de fibra dura tienen un mayor potencial de explotación que las dicotiledóneas o de fibra blanda, ya que fueron mayoritariamente las que se comercializaron en toda la región andina.

La etnobotánica en la región andina en general y de las plantas de fibra en particular es muy pobremente conocida en los tres países, por lo que futuros trabajos sobre los usos de las plantas por grupos de campesinos indígenas o mestizos, aportarán decenas de especies nuevas que se empleen como plantas de fibra y a buen seguro también se encontrarán nuevas especies con potencialidades comerciales, tanto para el turismo nacional como internacional.

Agradecimientos

Agradezco al personal del Herbario QCA en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, particularmente a Renato Valencia y al personal del Herbario Nacional de Bolivia (LPB) en la Universidad Mayor de San Andrés, especialmente a Stephan Beck por su ayuda durante mis estancias en sendos países y por la colaboración en la toma de datos de estudios anteriores que se tratan en este artículo. A María José Martínez del Real Jardín Botánico de Madrid, por la localización de algunas referencias bibliográficas. Trabajos de campo anteriores en Ecuador y Bolivia fueron parcialmente subvencionados por la Comisión Europea y la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid (España), respectivamente.

Referencias

Acosta-Solís, M. 1952. Las fibras y lanas vegetales en el Ecuador. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito. 79 p.

Acosta-Solís, M. 1961. Los bosques del Ecuador y sus productos. Editorial Ecuador, Quito. 348 p.

Aguirre, Z. 2002. Árboles austroecuatorianos útiles poco conocidos. pp. 351-374 En: Z. Aguirre, J. E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.). Botánica Austroecuatoriana - Estudios sobre los Recursos Vegetales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe. Ediciones Abya-Yala, Quito.

Arenas, P. 1997. Las bromeliáceas textiles utilizadas por los indígenas del Gran Chaco. Parodiana 10(1-2): 113-139.

Banack, S. A., X. J. Rondón & W. Díaz-Huamanchumo. 2004. Indigenous cultivation and conservation of totora (*Schoenoplectus californicus*, Cyperaceae) in Peru. Economic Botany 58(1): 11-20.

Beck, S. G. 1985. Flórula ecológica de Bolivia. Ecología en Bolivia 6: 1-41.

Beck, S. G., N. Paniagua, M. Y. Gárate & M. Liberman. 2001. La vegetación y uso de la tierra del altiplano y de los valles en el oeste del departamento de Tarija, Bolivia. Pp 47-93 En: S. Beck, N. Paniagua & D. Preston (eds.). Historia, Ambiente y Sociedad en Tarija, Bolivia. Editorial Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Borchsenius, F., H. Borgtoft-Pedersen & H. Balslev. 1998. Manual to the palms of Ecuador. AAU Reports 37: 1-217.

Borel, R., M. Alcalde, R. Chío, C. Macera, Z. Ríos & M. Rodríguez. 1990. Especies agrosilvopastoriles

para la zona altoandina. Publiflor, Pomata, Perú. 205 p.

Brandbyge, J. & L. Holm-Nielsen. 1986. Reforestation of the high Andes with local species. AAU Reports 13: 1-114.

Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia (2ª edición). Editorial Los Amigos del Libro, La Paz. 333 p.

Cerón, C. E. 1993. Etnobotánica quichua en la vía Hollín-Loreto, provincia del Napo. Hombre y Ambiente (Ecuador) 25: 131-171.

Cerón, C. E. 1994. Etnobotánica del cabuyo en la provincia de Cotopaxi. Hombre y Ambiente (Ecuador) 31: 5-38.

Cerón, C. E. & M. C. Montesdeoca. 1994. Diversidad, composición y usos florísticos en la Hoya de Guayllabamba-Chota, provincia de Pichincha e Imbabura, Ecuador. Hombre y Ambiente (Ecuador) 31: 85-135.

Cerón, C. E., A. M. Quevedo & M. M. Reina. 1994. Etnobotánica del Quilotoa, Cotopaxi, Ecuador. Hombre y Ambiente (Ecuador) 31: 39-84.

Cuvi, P. 1994. Artesanías del Ecuador. Dinediciones, Quito. 184 pp.

Franquemont, C., T. Plowman, E. Franquemont, S.R. King, W. Davis & C.R. Sperling. 1990. The ethnobotany of Chinchero, an Andean community in southern Peru. Fieldiana, Botany 24: 1-126.

Heiser, C. B. 1978. The totora (Scirpus californicus) in Ecuador and Peru. Economic Botany 32(3): 222-236.

Herrera, F. L. 1941. Sinopsis de la flora del Cuzco - Tomo I, parte sistemática. Lima. 528 p.

Hill, A. F. 1937. Economic botany: a text book of useful plants and plant products. McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York. 592 pp.

Killeen, T. J., E. García & S. G. Beck (eds.). 1993. Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden, Edit. Quipus, SRL., La Paz. 958 p.

Levetin, E. & K. McMahon. 1999. Plants and society, 2nd edition. WCB and McGraw-Hill, Boston. 477 p.

Lewis, G. P. & B. B. Klitgaard. 2002. Leguminosas del sur de Ecuador. pp. 185-224 En: Z. Aguirre, J. E. Madsen, E. Cotton & H. Balslev (eds.). Botánica Austroecuatoriana - Estudios sobre los Recursos Vegetales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe. Ediciones Abya-Yala, Quito.

Macía, M. J. 1999. Plantas de fibra del género *Heliocarpus* (Tiliaceae) en la Sierra Norte de Puebla, México. Candollea 54(1): 113-123.

Macía, M. J. 2001. Economic use of totorilla (*Juncus arcticus*, Juncaceae) in Ecuador. Economic Botany 55(2): 236-242.

Macía, M. J. & H. Balslev. 2000. Use and management of totora (*Schoenoplectus californicus*, Cyperaceae) in Ecuador. Economic Botany 54(1): 82-89.

Maiti, R. 1995. Fibras vegetales en el mundo - Aspectos botánicos, calidad y utilidad. Editorial Trillas, México D.F. 300 p.

Moraes, M. 1996a. Novelties of the genera *Parajubaea* and *Syagrus* (Palmae) from interandean valleys of Bolivia. Novon 6: 85-92.

Moraes, M. 1996b. Bolivian palms: distribution and taxonomy. Tesis Doctoral, University of Aarhus, Aarhus.

Pearsall, D. M. 2000. Paleoethnobotany, 2nd edition. Academic Press, San Diego, California. 700 p.

Pestalozzi, H. U. 1998. Flora ilustrada altoandina. Herbario Nacional de Bolivia y Herbario Forestal Nacional Martín Cárdenas, Cochabamba. 244 p.

Sørensen, A. M. & I. Schjellerup. 1995. Ethnobotany of the Chachapoyas people: use of plants from the peruvian montane forest and related areas. Pp. 579-599 En: S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J. L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. The New York Botanical Garden, Nueva York.

Torrico, G., C. Peca, S. Beck & E. García. 1994. Leñosas útiles de Potosí. Proyecto FAO/Holanda/CDF, Potosí. 469 p.

Tovar, O. 1993. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Ruizia 13: 1-480.

Van den Eynden, V., E. Cabrera & O. Cabrera. 1999. Plantas silvestres comestibles del sur del Ecuador - Wild edible plants of southern Ecuador. Ediciones Abya-Yala, Quito. 221 p.

Velasco, J. de. 1927. Historia del Reino de Quito en la América meridional - Historia Natural (2ª edición). Imprenta Nacional, Quito. pp. 37-90.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 385-411.

Helechos

Hugo Navarrete[1], Blanca León[2, 3], Jasivia Gonzales[4], Diana Karina Aviles[1], Javier Salazar Lecaro[1], Franco Mellado[2], Joaquina Alban[2,] & Benjamin Øllgaard[5]

[1]Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Av. Veintimilla 1067 y 12 de Octubre. Quito, Ecuador
email: HNAVARRETE@puce.edu.ec
[2]Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Av. Arenales 1256, Lima-14, Perú
email: blanca.leon@mail.utexas.edu
[3]Plant Resources Center, University of Texas at Austin, Bio Labs 311, Austin TX 78731
[4]Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés,
Casilla 10077 - Correo Central, La Paz, Bolivia
email: jgonzales@amazonconservation.org
[5]Department of Biological Sciences, Build. 1540, University of Aarhus, DK-8000 Aarhus, Dinamarca
emaiil: benjamin.oellgaard@biology.au.dk

Abstract

Here we provide information for over 200 pteridophytes species in Ecuador, Peru and Bolivia. Information about the uses of ferns and fern-allies in Ecuador, from 61 publications, and from label information from 315 herbarium collections in Quito (herb. QCA, QCNE) has been recorded. For 164 species in 61 genera and 18 families, one or more uses were recorded. The type of use was classified in nine categories (57 subcategories): food, fodder, weeds, cosmetics, materials, medicines, toxic, environmental, and social. The medicinal category is by far the most important, and species used as remedy for snake bite being most numerous. Six ethnic groups from the Ecuadorian Oriente, four from the coastal region, and one from the Sierra use ferns for a wide variety of purposes. More than fifty species in Peru are reported mainly from the literature to be used for all use categories mentioned above, in addition to toxic and weedy species. Again medicinal uses are most important. In the environmental category, the ornamental ferns are most numerous. The Bolivian literature records 15 fern species with medicinal use and a similar number of species are used in the remaining use categories.
Palabras clave: Useful ferns, Ethnobotany, Ecuador, Bolivia, Perú.

Resumen

Se presenta información sobre los usos atribuidos a más de 200 especies de pteridofitas en Ecuador, Perú y Bolivia. Se extrajo información sobre los usos dados a pteridofitas en Ecuador, de 61 fuentes bibliográficas y 315 especímenes depositados en los herbarios QCA y QCNE del Ecuador. Para 164 especies uno o más usos han sido identificados, distribuidas en 61 géneros y 18 familias. En total se puede clasificar los usos en nueve categorías (57 subcategorías): alimenticias, forrajeras, malezas, cosméticos, materiales, medicinas, tóxicas, usos ambientales y sociales. El número más alto de especies se reporta para medicinas. Seis etnias del oriente ecuatoriano, cuatro de la región costa y una de la sierra usan helechos para una gran variedad de propósitos. En Perú, sobre la base de la literatura y material de herbarios se reportan más de 50 especies con usos en todas las categorías, también son mayormente medicinales y entre las de uso ambiental la mayoría es ornamental. En la literatura boliviana se reportan 15 especies de helechos con usos medicinales y un número similar de usos distribuidos en las demás categorías.
Palabras clave: Helechos útiles, Etnobotánica, Ecuador, Bolivia, Perú.

Introducción

En los Andes tropicales, las pteridofitas y en particular los helechos ocupan un sitio especial por su belleza. Como grupo entre las plantas vasculares, su riqueza es relativamente pequeña, pero la historia evolutiva de muchos de sus componentes muestra que los Andes facilitaron su diversificación (Øllgard 1992, Dubuisson *et al.* 2003, Ranker *et al.* 2004). Las pteridofitas son de fácil reconocimiento, especialmente en paisajes húmedos donde la vegetación o el paisaje parecen estar dominados por estas plantas, como por ejemplo los helechos arborescentes en las laderas de las vertientes orientales andinas o los isoetos y licopodios en los humedales altoandinos.

Se calcula que en Ecuador existen alrededor de 1.300 especies de pteridofitas (helechos) (Jørgensen & León-Yánez 1999), la mayoría de éstas se concentran en bosques nublados entre 1.000 y 3.000 m de altitud. Sin embargo, los bosques tropicales y los páramos, aunque en menor grado son también diversos en pteridofitas (Navarrete 2001). Las medicinas, artesanías, cosméticos, tintes, fibras, rituales y alimentos figuran entre los usos para los cuales las pteridofitas o helechos han sido utilizados en los trópicos (Macía 2004), muchos de estos usos se confirman para los tres países (p.e. Sodiro 1893, Boom 1985, Franquemont 1990, Macía 2004, La Rotta s/a). El estudio comparativo realizado por Macia (2004) entre los Huaorani de Ecuador y los Tacana de Bolivia aparentemente es el único enfocado específicamente en helechos útiles; la gran mayoría de información sobre los helechos útiles se encuentra en otros estudios etnobotánicos más generales (Bennett 1990, Ellemann 1990, Alarcón *et al.* 1994, Cerón *et al.* 1994, Báez 1999).

En el Perú, la flora pteridofítica se calcula que supera a las 1.200 especies (Smith *et al.* 2005). Esta flora ocupa un amplio rango de ambientes y altitudes con patrones característicos de las familias más diversas (León & Young 1996). Se conoce que alrededor de 50 especies son empleadas para diversos fines, gracias a varios trabajos que compilan esta información (por ejemplo Herrera 1930, Tryon 1959), así como otras publicaciones sobre el uso etnobotánico de varias especies (Franquemont *et al.* 1990, Mellado *et al.* 2004). Sin embargo, el interés por este grupo de plantas desde el punto de vista utilitario y comercial está principalmente vinculado a las plantas ornamentales y medicinales (Pastor *et al.* 1995).

En Bolivia se estima que el número total de especies de helechos y plantas afines es igual a los números mencionados para Ecuador y Perú o posiblemente más alto; la gran mayoría de las especies se concentra en las regiones húmedas del país. El número total de los tres países probablemente supera a las 2.000 especies.

Por todo esto, este trabajo tiene el propósito de examinar el uso de las pteridofitas en los tres países por categorías estándares, además de indicar el impacto económico del grupo y los aspectos a considerar que coadyuven a un mejor conocimiento de sus usos.

Metodología

La información sobre las especies de pteridofitas útiles del Ecuador ha sido recopilada de fuentes bibliográficas y de etiquetas de especímenes depositados en los herbarios QCA y QCNE del Ecuador; mientras que para Perú y Bolivia el estudio está basado principalmente en la literatura.

La información sobre los usos de las pteridofitas se ha organizado de acuerdo a las categorías propuestas por Wiersema & León (1999) sobre la base de Cook (1995) y parcialmente adaptada por de la Torre (2005). Aquí se seleccionan las siguientes categorías: alimenticias, forrajeras, servicios ambientales (incluyendo ornamentales), malezas, materiales, medicinales, cosméticas, tóxicas y sociales.

La información de los registros ecuatorianos de uso proviene de 61 fuentes bibliográficas y 315 especímenes depositados en los herbarios

QCA y QCNE. Veinte fuentes bibliográficas provienen de estudios realizados en el Oriente ecuatoriano, seis en la sierra y dos en la costa; además se dispone de información de países como México, Cuba, Colombia, Chile, Perú, Venezuela, Argentina, Honduras, Brasil y Bolivia.

Se reportan usos de pteridofitas en 14 provincias de tres regiones. La mayoría de los 191 especímenes proviene de estudios realizados en las 10 provincias de la sierra; sólo de Pichincha provienen de 69 especímenes, la mayoría de éstos fue colectada entre 100 y 300 m, pero también hay registros entre 700 y 3.500 m; en el Carchi se han recolectado 46 especímenes, la mayoría de estos proviene de altitudes entre 100 y 660 m, pero también hay registros entre 1.000 y 4.500 m; todos los especímenes de Loja han sido recolectados a más de 2.000 m. En el Oriente hay registros de tres de las seis provincias – Napo, Pastaza y Sucumbíos – y la mayoría de esto especímenes (36) proviene del Napo. En la costa sólo hay fuentes de información provenientes de la provincia Esmeraldas, debido a la presencia de los Chachi y Awá (comunidad de Mataje).

Resultados

En Ecuador se registra un total de 164 taxones en 61 géneros y 18 familias (Tablas 1-4). El número potencial de pteridofitas útiles en Ecuador sobrepasaría a las 220 especies. La familia que aporta con el mayor número de especies es Dryopteridaceae con 42 especies, seguida de Polypodiaceae con 23 y Pteridaceae con 14; Cyatheaceae y Thelypteridaceae con 13 especies cada una, mientras que Dennstaedtiaceae y Lycopodiaceae con 12 cada una. Entre estas siete familias se reune el 76% del total de las especies reportadas; el resto de las familias aporta entre 1 y 8 especies.

La especie que más destaca por la cantidad de registros de uso es *Equisetum giganteum* con 36 en Ecuador, de los cuales 35 son registros de uso medicinal (Tabla 1), especialmente es usada como antiparasitario y para tratar mordeduras de serpientes, pero también se reporta su uso en alimentos y bebidas; además, al igual que en Honduras, es usada como antiinflamatorio y para tratar desórdenes del sistema urogenital, entre otras afecciones (House *et al.* 1989). Le sigue *Campyloneurum angustifolium* con 22 registros de uso y todos medicinales; después están *Equisetum bogotense* y *Lomariopsis japurensis* con 12 registros cada una. El resto de las especies tienen entre 1 y 11 registros de uso (Tabla 1). Tres es la máxima cantidad de categorías para las cuales una sola especie es usada, entre las diez especies que caben dentro de esta versatilidad se destacan (Tabla 1): *Adiantum macrophyllum*, *Lycopodium clavatum*, *contiguum*, *thyoides* y *Niphidium crassifolium*; todas registran usos en las categorías materiales, medicinas y uso social (Tabla 2).

En Perú se listan aproximadamente 50 especies de pteridofitas con uno o más usos en la literatura (Tabla 5). Más de la mitad tiene registros de uso medicinal, en segundo lugar están los usos ambientales y en tercer lugar se tiene a los usos sociales, que incluyen especies ceremoniales. Varias especies tienen registros de uso en dos categorías, p.e. *Niphidium crassifolium*, alimenticias y medicinales.

Finalmente para Bolivia hay registros en la bibliografía de solamente 15 especies (Anexo 1), todas con usos medicinales. Sin embargo y según observaciones personales de Jasivia Gonzales, un número igual de especies tiene uso en las categorías de materiales (*Cyathea*), ambientales (*Azolla*, *Niphidium* spp., *Nephrolepis* spp.) y sociales (nueve géneros).

Las etnias y los usos de helechos

Seis etnias del oriente ecuatoriano, cuatro de la región costa y una de la sierra usan helechos para una variedad de propósitos. La tabla 4 muestra el número de registros de uso por categoría que las etnias dan a distintas especies de pteridofitas. En total se tienen 444 registros

Tabla 1: Pteridofitas del Ecuador usadas por comunidades afro-ecuatorianas, indígenas y mestizas. Se clasifican en seis categorías de uso y se presenta el número de registros de uso de cada especie dentro de cada categoría. La información etnobotánica fue tomada de especímenes depositados en los Herbario QCA y QCNE y de referencias bibliográficas. Se enlistan 164 taxones cuya especie ha sido identificada o que cuenten con solamente una referencia de uso.

Taxón	Categorías de uso						
	Alimentarias	Cosméticas	Materiales	Medicinales	Medio-ambientales	Sociales	Total de usos
Adiantum concinnum	-	-	-	1	-	-	1
Adiantum humile	-	-	-	3	-	1	4
Adiantum macrophyllum	-	-	2	1	-	1	4
Adiantum obliquum	-	-	-	1	-	-	1
Adiantum petiolatum	-	-	-	1	-	-	1
Adiantum poiretii	-	-	-	3	-	-	3
Adiantum pulverulentum	-	-	-	1	-	-	1
Adiantum terminatum	-	-	-	1	-	-	1
Alsophila cuspidata	4	-	1	-	-	-	5
Alsophila esmeraldensis	-	-	-	1	-	-	1
Antrophyum guayanense	-	-	-	2	-	-	2
Antrophyum sp.	-	-	-	1	-	-	1
Arachniodes ochropteroides	1	-	-	-	-	-	1
Asplenium aethiopicum		2	1	8	-	-	11
Asplenium cuspidatum	-	-	-	1	-	-	1
Asplenium hallii	-	-	-	4	-	-	4
Asplenium laetum	-	-	-	1	-	-	1
Asplenium monanthes	-	-	-	-	2	-	2
Asplenium pteropus	-	-	-	1	-	-	1
Asplenium purpurascens	-	-	-	2	-	-	2
Asplenium serratum	-	-	-	9	-	-	9
Blechnum occidentale	-	-	-	4	-	-	4
Blechnum schomburgkii	-	-	1	-	-	-	1
Bolbitis lindigii	-	1	-	1	-	-	2
Bolbitis nicotianifolia	-	-	-	6	-	-	6
Callipteris pinnatifida	-	-	-	2	-	-	2
Campyloneurum amphostenon	-	-	-	1	-	-	1
Campyloneurum angustifolium	-	-	-	22	-	-	22
Campyloneurum cochense	-	-	-	4	-	-	4
Campyloneurum fuscosquamatum	-	-	-	2	-	-	2
Campyloneurum phyllitidis	-	-	-	6	-	-	6
Campyloneurum repens	-	-	-	6	-	1	7

Cheilanthes bonariensis	-	-	-	2	1	-	3
Cheilanthes myriophylla	-	-	-	-	1	-	1
Cyathea aterrima	-	-	2	-	-	-	2
Cyathea bipinnata	-	-	-	1	-	-	1
Cyathea caracasana	-	-	7	2	-	-	9
Cyathea frigida	-	-	1	-	-	-	1
Cyathea lasiosora	-	-	3	2	-	-	5
Cyathea nigripes	-	-	-	1	-	-	1
Cyathea pungens	-	-	-	1	-	-	1
Cyathea xenoxyla	-	-	1	-	-	-	1
Cyclodium sp.	-	-	-	1	-	-	1
Cyclodium trianae	-	-	-	1	-	-	1
Cyclopeltis semicordata	-	-	-	3	-	1	4
Danaea humilis	-	-	-	1	-	-	1
Danaea sp.	-	-	-	1	-	-	1
Danaea wendlandii	-	-	-	1	-	-	1
Dennstaedtia cicutaria	1	-	1	-	-	-	2
Dennstaedtia coronata	-	-	-	1	-	-	1
Dennstaedtia dissecta	-	-	-	-	-	1	1
Dicksonia sellowiana	-	-	1	-	1	-	2
Dicranoglossum polypodioides	-	-	-	4	-	-	4
Dicranopteris pectinata	-	-	-	2	-	-	2
Diplazium ambiguum	-	-	2	-	-	-	2
Diplazium ambiguum var. *dissectum*	1	-	-	-	-	-	1
Diplazium bombonasae var.*petiolatum*	-	-	-	1	-	-	1
Diplazium cristatum	-	-	-	1	-	-	1
Diplazium fraseri	1	-	-	-	-	-	1
Diplazium moccennianum	4	-	-	-	-	-	4
Diplazium pinnatifidum	-	-	-	2	-	-	2
Diplazium striatastrum	-	-	-	2	-	3	5
Diplazium striatum	-	-	-	1	-	-	1
Elaphoglossum apodum	-	-	-	1	-	-	1
Elaphoglossum doanense	-	1	-	-	-	-	1
Elaphoglossum herminieri	-	3	-	-	-	-	3
Elaphoglossum latum	-	1	-	-	-	-	1
Elaphoglossum luridum	-	-	-	1	-	-	1
Elaphoglossum raywaense	-	-	-	4	-	-	4
Equisetum bogotense	-	-	-	12	-	-	12
Equisetum giganteum	1	-	-	35	-	-	36
Equisetum myriochaetum	-	-	-	2	-	-	2

Gleichenella pectinata	-	-	-	3	-	-		3
Hemidictyum marginatum	-	-	-	3	-	-		3
Huperzia affinis	-	-	-	-	-	1		1
Huperzia crassa	-	-	-	1	-	-		1
Huperzia eversa	-	-	1	-	-	-		1
Huperzia linifolia	-	-	-	3	-	-		3
Huperzia tetragona	-	-	-	1	-	-		1
Huperzia transilla	-	-	-	2	-	-		2
Hymenophyllum sp.	-	-	-	3	1	-		4
Hypolepis spp.	3	-	-	-	-	-		3
Hypolepis hostilis	1	-	-	-	-	-		1
Hypolepis repens	3	-	-	-	-	-		3
Lindsaea quadrangularis	-	-	-	1	-	-		1
Lomariopsis japurensis	-	-	3	9	-	-		12
Lomariopsis nigropaleata	-	-	-	10	-	-		10
Lonchitis hirsuta	-	-	-	1	-	1		2
Lycopodiella alopecuroides	-	-	1	2	-	-		3
Lycopodiella cernua	-	-	-	2	1	-		3
Lycopodiella matthewsii	-	-	-	1	-	-		1
Lycopodiella triamae	-	-	-	3	-	-		3
Lycopodium clavatum	-	-	2	7	-	2		11
Lycopodium contiguum	-	-	1	1	-	2		4
Lycopodium thyoides	-	-	2	2	-	4		8
Macrothelypteris torresiana	-	-	-	1	-	-		1
Microgramma fuscopunctata	-	-	-	3	-	-		3
Microgramma percussa	-	-	-	3	-	-		3
Microgramma piloselloides	-	-	-	5	-	1		6
Nephrolepis cordifolia	-	1	-	-	-	-		1
Nephrolepis exaltata	-	-	-	-	1	-		1
Nephrolepis pectinata	-	-	-	2	-	-		2
Niphidium albopunctatissimum	-	-	-	1	-	-		1
Niphidium crassifolium	-	-	1	3	-	1		5
Niphidium longifolium	-	-	-	1	-	-		1
Notholaena nivea	-	-	-	1	-	-		1
Oleandra sp.	-	-	-	1	-	-		1
Oleandra lehmannii	-	1	-	-	-	-		1
Olfersia cervina	-	-	-	1	-	-		1
Pellaea ternifolia	-	-	-	2	-	-		2
Phlebodium decumanum	-	-	-	3	-	6		9
Phlebodium pseudoaureum	-	-	-	-	1	-		1

Pityrogramma calomelanos	-	-	-	5	-	1	6
Plagiogyria semicordata	-	-	-	2	-	-	2
Polybotrya altescandens	-	-	-	1	-	-	1
Polybotrya caudata	-	-	-	1	-	-	1
Polybotrya crassirhizoma	-	-	-	3	-	1	4
Polybotrya lechleriana	2	-	-	-	-	-	2
Polybotrya osmundacea	-	-	-	1	-	-	1
Polypodium calaguala	-	-	-	3	-	-	3
Polypodium fraxinifolium	-	-	-	5	-	-	5
Polypodium monosorum	-	-	-	-	1	-	1
Pteridium arachnoideum	-	-	-	1	-	-	1
Pteridium caudatum	-	-	-	1	-	-	1
Pteris pungens	-	-	1	1	-	-	2
Saccoloma elegans	-	-	-	3	-	-	3
Saccoloma inaequale	-	1	-	4	-	-	5
Salpichlaena volubilis	-	-	5	4	-	-	9
Schizaea sp.	-	-	-	1	-	-	1
Selaginella arthritica	-	-	-	2	-	-	2
Selaginella diffusa	-	-	2	-	-	-	2
Selaginella exaltata	-	-	3	5	-	2	10
Selaginella flagellata	-	-	-	1	-	-	1
Selaginella geniculata	-	-	2	5	-	-	7
Selaginella mortoniana	-	-	-	1	-	-	1
Selaginella parkeri	-	-	-	1	-	-	1
Selaginella praestans	-	-	-	1	-	-	1
Solanopteris bifrons	-	-	-	1	-	-	1
Sphaeropteris spp.	-	-	-	4	-	-	4
Sticherus rubiginosus	-	-	-	2	-	-	2
Sticherus sp.	-	-	-	1	-	-	1
Tectaria antioquoiana	-	-	-	1	-	-	1
Tectaria draconoptera	-	-	-	3	-	-	3
Tectaria incisa	1	-	-	8	-	2	11
Tectaria mexicana	-	-	-	1	-	-	1
Tectaria nicotianifolia	-	-	-	3	-	-	3
Tectaria vivipara	-	-	-	2	-	-	2
Thelypteris aff. berroi	-	-	2	-	-	-	2
Thelypteris curta	-	-	-	1	-	-	1
Thelypteris dentata	-	-	-	1	-	-	1
Thelypteris exuta	-	-	-	3	-	-	3
Thelypteris francoana	-	-	-	3	-	-	3

Thelypteris gigantea	-	-	-	10	-	-	10
Thelypteris macrophylla	-	-	-	1	-	-	1
Thelypteris membranacea	-	-	-	1	-	-	1
Thelypteris resinifera	-	-	-	1	-	-	1
Thelypteris reticulata	-	-	-	2	-	-	2
Trichomanes collariatum	-	3	-	4	-	1	8
Trichomanes diversifrons	-	-	-	1	-	-	1
Trichomanes elegans	-	-	-	6	-	-	6
Trichomanes gigantea	-	-	-	1	-	-	1
Trichomanes membranaceum	-	-	-	9	-	-	9
Trichomanes polypodioides	-	-	-	1	-	-	1
Trichomanes punctatum	-	-	-	2	-	-	2

Tabla 2: Número de registros de uso y número de taxa por subcategoría, de pteridofitas del Ecuador usadas por comunidades afro-ecuatorianas, indígenas y mestiza. Se presenta en total 6 categorías y 57 subcategorías de uso. Un mismo taxón puede estar inlcuido en distintas categorías y subcategorías. La información etnobotánica fue tomada de especímenes depositados en los Herbario QCA y QCNE y de referencias bibliográficas.

Categoría de uso	Uso específico/ subcategoría	Registros de uso	Número de taxa usadas
Alimentos y bebidas	Verduras crudas	22	10
	Verduras cocidas	9	8
	Preparación de bebidas	2	2
Forraje	Forraje	4	4
Cosméticos	Cuidado del pelo y cuero cabelludo	21	8
	Perfume	1	1
	Limpieza corporal	6	4
	Sustituto del jabón	1	1
Materiales	Artesanías	30	19
	Materiales de construcción	21	12
	Repelente de insectos	3	3
	Otros	3	2
	Combustible	2	2
	Herramientas	1	1
Medicinas	Mordedura de serpiente	78	45
	Desórdenes del sistema urogenital	45	23
	Desórdenes del sistema respiratorio	44	29
	Afecciones y dolor del hígado	34	24
	Dolor de estómago	32	24
	Antipirético	26	25
	Antiparasitario	26	14
	Tratamiento de heridas	25	17
	Dolores musculares	24	16
	Afecciones y dolores de huesos y articulaciones	19	13
	Desórdenes de la gestación/parto/post-parto	18	10
	Otros	17	14
	Molestias y disfunciones menstruales	15	14
	Antiinflamatorio	14	8
	Dolor de muela	13	9
	Dolor de cabeza	12	9
	Antibiótico	11	9
	Desórdenes no especificados	11	8
	Sudorífico	11	6
	Depurativo	10	10
	Enfermedades de la piel	10	9
	Hemostático	10	9
	Antidiarréico	10	9
	Desórdenes del aparato digestivo	10	7
	Tratamiento de anemia	10	7
	Desórdenes del sistema nervioso	8	6
	Dolor de bazo	7	4
	Uso no específico	6	6
	Purgante	6	5
	Emoliente	5	3
	Tratamiento de tumores	3	3
	Antiemético	3	2
	Antiprurítico	2	2
	Masajes	2	2

	Desinfectante	1	1
	Baños	19	14
	Supresor del apetito	6	2
	Previene el embarazo	2	1
	Induce el aborto	1	1
	Mal de ojo	1	1
Ambientales	Ornamental	21	9
Sociales	Rituales religiosos	7	6
	Otros	3	3

de uso repartidos entre 11 etnias. Para cada etnia – excepto la Siona y Secoya – la mayor cantidad de registros de uso proviene de la categoría medicinas. Ninguna etnia presenta registros de uso para las seis categorías, como tampoco ninguna registra usar helechos para fines ornamentales. Según varios estudios (Davis & Yost 1983, Murillo 1983, Boom 1985, Macía *et al.* 2005), la categoría medicinas siempre es la más representativa en la Amazonía y esto también se aplica a los Andes.

Los Chachi presentan el mayor número de registros de uso con 128, siendo el 73% de los registros provenientes de helechos usados para fines medicinales; dentro de esta categoría la mayor cantidad de registros está en la categoría para tratar mordeduras de serpientes (14) con especies como *Nephrolepis pectinata*, *Trichomanes membranaceum*, *Selaginella praestans* o *Adiantum obliquum*, esta última es usada por los indios Chácobo de Bolivia para tratar la diarrea o el reumatismo (Boom 1985). A continuación están los registros usados para tratar el dolor de estómago (13) con especies como *Tectaria incisa, Thelypteris francoana*, *Lomariopsis nigropaleata* o *Adiantum petiolatum*, la última es usada por los Chácobo para curar la diarrea (Boom 1985); le sigue el tratamiento contra la anemia (9), destacándose especies como *Tectaria nicotianifolia* y *Trichomanes elegans*; finalmente la categoría de afecciones al hígado con siete registros de uso de especies como *Saccoloma elegans* y *Thelypteris gigantea*. Entre estas cuatro subcategorías se reúne el 46% del total de registros de uso para medicinas; el resto de las subcategorías tienen entre 1- 5 registros de uso. Para los Chachi, entre los registros para alimentos y bebidas (13), se observa que tienen preferencia por alimentarse de los cayados de helechos como *Alsophila cuspidata*, *Hypolepis repens* o *Diplazium moccennianum*. Para materiales (12) se destaca *Salpichlaena volubilis* usada como cuerda en la construcción de casas y *Adiantum macrophyllum* para hacer collares. Los Chachi usan más de 60 taxones de pteridofitas, de las cuales 47 están identificadas hasta el nivel de especie.

Los Tsáchila presentan en total 80 registros de uso, el 85% de éstos pertenece a medicinas (68) y dentro de esta categoría, entre las subcategorías antipirético y mordeduras de serpiente (cada una con 23 registros de uso) totalizan el 67%. Como antipirético los Tsáchila usan 17 especies, por ejemplo *Asplenium serratum*, *Salpichlaena volubilis*, *Diplazium striatastrum*, *Hemidictyum marginatum*, *Campyloneurum repens o Niphidium crassifolium*, esta última es usada por los Quechua de Chinchero (Perú) para tratar la tos (Franquemont *et al.* 1990). Para tratar las mordeduras de serpiente, los Tsáchila usan nueve especies, como *Trichomanes collariatum*, *Campyloneurum angustifolium* o *Dicranoglossum polypodioides. Lomariopsis japurensis*, usada por los Tsáchila para tratar desórdenes del aparato digestivo, también es usada por los Chácobo de Bolivia para tratar el dolor de estómago (Boom 1985). El restante 15% de los registros de uso para los Tsáchila se reparte entre tres categorías (Tabla 4). Los Tsáchila usan más de 40 taxones de pteridofitas de las cuales 30 están identificadas hasta el nombre específico.

En cuanto a los registros de uso de pteridofitas medicinales (64) por parte de los

Tabla 3: Géneros de pteridofitas usados por comunidades afro-ecuatorianas, indígenas y mestizas del Ecuador. Los usos se clasifican en seis categorías. Se presenta el número total de reportes de uso para todas las especies de cada género. Se listan 61 géneros que representan alrededor de 220 especies.

Género	Categoría de uso						Totales	
	Alimentos y bebidas	Cosméticos	Materiales	Medicinas	Usos medio-ambientales	Usos sociales	Total de categorías de uso	Total de reportes de uso
Adiantum		X	X	X	X	X	5	61
Alsophila	X		X	X	X		4	8
Antrophyum				X			1	3
Arachniodes	X						1	1
Asplenium		X		X	X		3	37
Blechnum			X	X	X		3	10
Bolbitis		X		X			2	8
Callipteris				X			1	2
Campyloneurum				X		X	2	51
Cheilanthes				X	X		2	4
Ctenitis				X			1	4
Cyathea			X	X	X		3	26
Cyclodium				X			1	2
Cyclopeltis				X		X	2	4
Danaea				X			1	3
Dennstaedtia	X		X	X		X	4	10
Dicksonia			X		X		2	2
Dicranoglossum				X			1	4
Dicranopteris				X			1	2
Diplazium	X		X	X		X	4	22
Dryopteris	X						1	2
Elaphoglossum	X	X		X	X		4	26
Equisetum	X	X		X			3	61
Gleichenella				X			1	3
Hemidictyum				X			1	3
Huperzia			X	X		X	3	9
Hymenophyllum				X	X		2	4
Hypolepis	X						1	7
Lindsaea				X			1	1
Lomariopsis			X	X			2	26

| | | |

Tabla 4: Número de registros de uso, por categoría, que las etnias dan a distintas especies de pteridofitas. La información fue tomada de especímenes depositados en los herbarios QCA y QCNE y de referencias bibliográficas.

Grupo étnico	Categoría	No. de usos
Afro-ecuatorianos	Medicinas	1
Awá	Medicinas	64
	Alimentos y bebidas	5
	Materiales	5
	Cosméticos	3
Chachi	Medicinas	94
	Alimentos y bebidas	13
	Materiales	12
	Cosméticos	6
	Usos sociales	3
Cofán	Medicinas	23
	Alimentos y bebidas	3
	Usos sociales	1
Huaorani	Medicinas	33
	Materiales	5
	Cosméticos	1
	Usos sociales	1
Quechua de la sierra	Medicinas	24
	Usos sociales	9
	Materiales	5
Quechua del oriente	Medicinas	24
	Usos sociales	5
	Materiales	1
Secoya	Materiales	6
	Medicinas	2
Shuar	Medicinas	6
	Materiales	1
	Usos sociales	1
Siona	Materiales	4
	Medicinas	3
Tsáchila	Medicinas	68
	Usos sociales	8
	Cosméticos	3
	Alimentos y bebidas	1
Indeterminado	Medicinas	238
	Materiales	31
	Usos medioambientales	21
	Alimentos y bebidas	13
	Cosméticos	13
	Usos sociales	9

Tabla 5: Helechos útiles de Perú según categorías de uso.

	Alimentarias	Forrajeras	Servicios ambientales	Malezas	Materiales	Medicinales	Tóxicas	Sociales
Adiantum spp.			x					
Adiantum spp.						x		
Argyrochosma								
Asplenium foeniculaceum								x
Asplenium spp.			x					
Asplenium squamosum	x							
Azolla filiculoides		x		x				
Campyloneurum spp.								x
Cheilanthes spp.								x
Cyathea spp.			x					
Dennstaedtia glauca	x		x					
Elaphoglossum spp.								
Equisetum bogotense				x				
Equisetum giganteum	x			x				
Huperzia spp.								x
Isoetes lechleri		x						
Nephrolepis spp.			x					
Niphidium crassifolium	x							
Niphidium spp.								
Niphidium vittaria	x							
Pellaea spp.								
Phlebodium decumanum			x		x			
Phlebodium pseudoaureum			x		x	x		
Pityrogramma calomelanos							x	
Platycerium andinum			x			x		
Pleopeltis buchtienii								x
Polypodium levigatum								x
Polypodium spp.			x			x		
Polystichum spp.								
Pteridium arachnoideum				x			x	
Pteris spp.			x					

Awá, el 41% de estos pertenece a mordeduras de serpiente y 22% a dolores musculares; el resto de registros se reparte entre nueve subcategorías (p.e. antibiótico, antiparasitario o desórdenes del sistema nervioso). *Trichipteris bipinnata* y *Saccoloma inaequale* son dos especies usadas para tratar los dolores musculares; para tratar mordeduras de serpiente se usa también *Sticherus rubiginosus*, aparte de las mencionadas anteriormente. Los registros medicinales representan el 83.1% del total para los Awá, el restante 17% se reparte entre tres categorías (Tabla 4). Los Awá registran uso para más de 41 taxones de pteridofitas, de las cuales 18 están identificadas hasta el nivel de especie.

Según los registros de uso, los Huaorani no registran ningún uso para tratar mordeduras de serpiente con helechos y más bien tratan dolores de muela con *Cyathea lasiosora* y *C. pungens*, desórdenes del sistema respiratorio con *Campyloneurum fuscosquamatum* y *Solanopteris bifrons* y dolores musculares con

Bolbitis nicotianifolia y *Polybotrya crassirhizoma*. Estos tres representan el 46% del total de los registros para medicinas, el restante 55% se reparte entre nueve subcategorías. Sólo medicinas se lleva el 83% del total de los registros de uso para los Huaorani, el restante 18% se reparte entre tres categorías (Tabla 4). Los Huaorani dan uso a más de 21 taxones de pteridofitas de las cuales 17 están identificadas hasta la especie.

Los 24 registros de uso medicinales para los Quechua de la sierra ecuatoriana representan el 63% del total; sólo la subcategoría desórdenes de la gestación/parto/post-parto con 11 registros de uso representa el 48% de los registros para la categoría medicinas, el restante 52% se encuentra entre siete subcategorías. Especies como *Lycopodium thyoides*, *Cheilanthes bonariensis* y *Blechnum occidentale* son usadas para tratar desórdenes de la gestación, parto o post-parto. Finalmente el 13% de los registros totales corresponde a materiales, donde los Quechua usan el tallo de *Cyathea caracasana* para la construcción de casas o para hacer postes, además usan *Lycopodiella alopecuroides* para su limpieza corporal y *Lycopodium contiguum* para hacer adornos navideños. Los Quechua de la sierra registran uso para más de 19 taxones de pteridofitas de las cuales 17 son conocidas hasta el nivel de especie.

Para los Quechua del oriente ecuatoriano se presenta un total de 30 registros de uso, 24 de éstos corresponden a la categoría medicinas, que a su vez presenta 14 subcategorías; sobresale *Lomariopsis japurensis* – la cual es usada para tratar dolores menstruales y desórdenes de la gestación, parto o post-parto – y *Selaginella arthritica* usada para tratar afecciones y dolores del hígado. A diferencia de los Quechua de la sierra, los del oriente presentan un sólo registro de uso para tratar desórdenes de la gestación, parto o post-parto. Los del oriente registran uso para más de 21 taxones de pteridofitas de las cuales 16 están identificadas hasta especie.

Los Cofán registran un total de 27 registros de uso, 23 son medicinales y están repartidas en 10 subcategorías, donde la mayoría de registros es para afecciones y dolores de huesos y articulaciones (5), desórdenes del sistema respiratorio (4) y dolor de cabeza (4), respectivamente. Para las subcategorías antes mencionadas, resaltan *Blechnum occidentale*, *Elaphoglossum apodum* y *Trichomanes membranaceum*. Los Cofán registran uso para más de 14 taxones de pteridofitas de las cuales 7 están identificadas hasta nivel de especie.

Finalmente y analizando el resto de las etnias – Shuar, Siona, Secoya y afroecuatorianos – se les atribuye el 5% del total de los registros de uso. Los Shuar registran uso para más de cinco taxones de pteridofitas, de las cuales tres están identificadas hasta nivel de especie; mientras que los Siona registran seis especies de pteridofitas útiles, los Secoya cinco y los afroecuatorianos una.

Alimenticios

En los Andes, diversas plantas silvestres y cultivadas proveen de variedad y sabor a la alimentación humana, incluyendo varias empleadas como condimentos (ver Ulloa en este volumen). En algunas zonas templadas del Nuevo Mundo y Asia, el uso de los brotes de las frondas tiene importancia comercial (p.e. *Matteucia struhiopteris*). Sin embargo, en la América tropical y en particular en los Andes, el uso de las frondas o alguna parte del esporofito es casi inexistente. Para la presente categoría tampoco se reporta ningún helecho de importancia comercial pero sí algunos usados como alimento.

Murillo (1983) listó sobre la base de un reporte del Brasil entre las especies con algún uso alimentario a *Cheiroglossa palmata* (bebida) y *Pteridium aquilinum* s.l. (verdura). En Ecuador doce especies se reportan para esta categoría (Tabla 1). Diez especies se usan como verduras crudas; los cayados son los preferidos para comer, pero también se encontró un par de registros para los tallos. *Alsophila cuspidata*, *Hypolepis repens* y *Diplazium moccennianum* se

destacan cada una con tres registros de uso; en la dieta de los Chachi se incluyen esas especies. Entre los Awá, Chachi y Tsáchila usan ocho especies como verduras cocinadas; nuevamente los cayados son los preferidos y se usan especies como *Hypolepis hostilis*, *Polybotrya lechleriana*, *Tectaria incisa* y los anteriormente mencionados *Alsophila cuspidata* y *Diplazium moccennianum.* Para la preparación de bebidas, se encontraron dos registros en los Andes de *Polypodium* sp. y *Elaphoglossum* sp.; la primera especie en la provincia Cañar y la segunda en el Carchi.

Un uso vinculado con la presente categoría es la de llashipa (*Pteridium arachnoideum)* en el sur del Ecuador para preparar chancho al horno. Las hojas se recolectan silvestres en grandes cantidades y las hojas secas se utilizan para el fuego para quemar el chancho delante del horno, dándole un sabor atractivo al cuero.

En el sur del Perú, los cayados de dos especies conocidas por su nombre quechua de ullpu – *Asplenium squamosum* y *Dennstaedtia glauca* – son empleadas localmente como alimento en una forma similar a la del espárrago. El uso local de estas dos especies está vinculado y arraigado a las fiestas patronales en dos pueblos de los departamentos de Apurímac y Cusco. La extracción de las nuevas hojas coincide con su desarrollo a mediados de año, aparentemente antes del inicio de la estación de lluvias. La calidad del sabor y delicadeza de la textura ha generado interés en examinar el valor alimentario con fines comerciales (Pérez Campana *et al.* 2002). Intentos en su introducción a la culinaria del ámbito urbano solamente existe para *Asplenium squamosum*. Probablemente esta es la única especie que se expende activamente en la cuenca del Apurímac de poblaciones principalmente extraidas del Santuario Nacional de Ampay.

En el Perú, otras cuatro especies se emplean en la preparación de bebidas: *Niphidium crassifolium, N. vittaria* (calaguala, hierbasanta), *Equisetum bogotense* y *E. giganteum* (cola de caballo) que al atribuírseles propiedades diuréticas son empleadas como ingredientes del emoliente, bebida de uso cotidiano en el menú de desayuno en zonas urbanas del país.

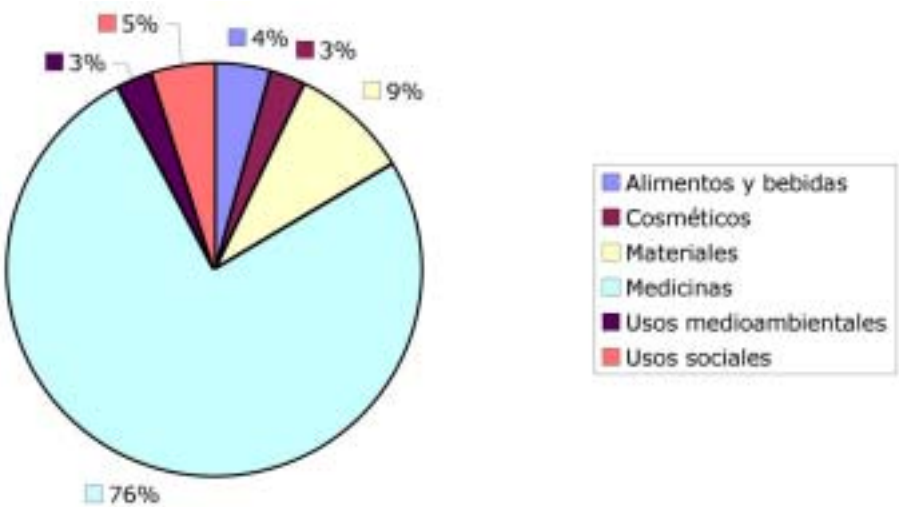


Fig. 1: Pteridofitas útiles del Ecuador. Gráfico circular de los porcentajes de registros de uso por categorías. La información etnobotánica fue tomada de especímenes depositados en los Herbario QCA y QCNE y de referencias bibliográficas. Se presentan seis categorías con un total de 764 registros de uso.

Generalmente esta bebida es elaborada con una o dos de las especies antes mencionadas. Con la excepción de *Niphidium vittaria* – la cual se consume en el departamento de Puno – las otras tres especies de mayor distribución geográfica son empleadas en varias partes del país, pero todas ellas provienen de plantas extraidas de poblaciones naturales. Sin embargo, poco se sabe de la proveniencia regional de los insumos, ni de los actores responsables de la extracción y comercialización.

Forrajeras

El rol de los humedales altoandinos peruanos en la domesticación de los camélidos sudamericanos está asociado a la modificación del paisaje por el hombre andino (p.e. Tapia Núñez & Flores Ochoa 1984). El manejo de esos humedales conocidos localmente como *occonales* es muy antiguo y diversas comunidades vegetales podrían estar favorecidas en su extensión; estas comunidades están dominadas por hierbas graminoides, especialmente ciperáceas y juncáceas. Dos géneros de pteridofitas forman parte de estos humedales, *Azolla* e *Isoetes*. El uso como forraje es reconocido para *Azolla filiculoides* (Figura 1), la cual crece cerca de orillas con poca turbulencia en el agua. En los Andes sudperuanos, *Isoetes lechleri* (ccanqawi) ha sido mencionada como parte de la composición de estos humedales altoandinos, donde alpacas parecen preferir alimentarse en las comunidades vegetales asociadas a esta especie (Tapia Núñez & Flores Ochoa 1984). El uso de ambos taxones como forraje depende exclusivamente de su presencia silvestre en las comunidades altoandinas.

En la provincia de Azuay en Ecuador se usa como forraje la planta entera de *Niphidium crassifolium* para alimentar a cuyes.

Servicios ambientales

Esta categoría contiene el segundo mayor registro de especies de pteridofitas. Se incluye a las plantas empleadas como fertilizantes, control de contaminantes, así como a las de valor ornamental.

Entre los helechos del Perú, *Dennstaedtia glauca* (laki laki) representa probablemente el único caso de una planta empleada como fertilizante en las vertientes húmedas andinas (Johns & Camino 1988). En el sureste del departamento de Puno, crece asociada a quebradas y canales; las hojas son trozadas y mezcladas con el suelo de terrenos adyacentes como parte de la fertilización antes del sembrado de tubérculos andinos. Los individuos de esta especie son silvestres y aparentemente no existe una selección o cultivo de esta especie.

El uso del género *Azolla* como abono en la China ya fue ampliamente difundido en el mundo; de esta manera, en muchos sucacollos o sukakollus (canales de riego intercalados con áreas de cultivo, practicados en Bolivia por los Aymara y Quechua y posiblemente otras culturas de tierras bajas) de tierras altas cultivan *Azolla* en los canales de riego para poder nutrir de N a las tierras aledañas a los cultivos.

El control de contaminación de aguas por metaloides es un aspecto de salud pública (Smith *et al.* 2002) en que los helechos parecen tener potencial como fito-remediadores (Zhao *et al.* 2002). Si bien este aspecto no se ha desarrollado en los países andinos, han sido registradas evidencias de absorción y acumulación de arsénico y selenio para por lo menos seis géneros de helechos. Entre las Pteridaceae, *Pteris* y *Pityrogramma* parecen ser los más eficientes para la absorción de arsénico (Francesconi *et al.* 2002, Luongo & Ma 2005). Una especie exótica presente en el Perú - *Pteris vittata* - está siendo empleada en el tratamiento de aguas en áreas con poblaciones de 10.000 personas (Elless *et al.* 2005). Para otras especies nativas del Neotrópico, como *Pteris biaurita* y *P. quadriaurita*, existe cierta eficiencia en absorción de selenio (Srivastava *et al.* 2005). Dado el grado de contaminación de aguas por metaloides en las cuencas dominadas por agricultura y

minería en los Andes peruanos, será de interés explorar este tipo de usos para beneficios de las comunidades asociadas o impactadas por esa problemática.

En los países andinos la mayoría de las especies que se emplean y comercializan como ornamentales son plantas introducidas. En el Perú, León (1982) registró 39 especies de mayor uso en la ciudad de Lima, de las cuales el 71% provenía de material foráneo a través del ingreso por intercambio de esporas, incluyendo especies conocidas de la flora peruana. Una reevaluación de este mercado a nivel nacional confirma esa conclusión (León en prep.), si bien la mayoría de las especies corresponden a los géneros *Adiantum*, *Nephrolepis* y *Pteris* con numerosas especies en la flora. Para el aspecto comercial de los helechos, las prácticas de cultivo *in vitro* – como sucede para *Nephrolepis exaltata* (Ponton *et al.* 1990) o cultivo extensivo como el registrado por Thomas (1999) para varios países centroamericanos – aparentemente es muy limitado o no existe en el país; si bien ambos tipos de propagación son empleados para orquídeas. El comercio de exportación de plantas ornamentales se encuentra en desarrollo en el Perú y hasta 2004 no está registrada la exportación de helechos como follaje ornamental (INRENA 2005, León en prep.), si bien varios taxones en seis géneros (*Adiantum*, *Nephrolepis*, *Platycerium*, *Polypodium* y *Selaginella*) han sido considerados oficialmente como recursos fitogenéticos en este rubro (Pastor *et al.* 1995).

En Bolivia y principlamente en las ciudades, los helechos están siendo recolectados de los alrededores agrestes de las ciudades para ser llevados a las casas y plantados en macetas para ver si pueden sobrevivir. Sin embargo, se tienen especies que son ampliamente usadas en los mercados de las ciudades grandes para ser vendidos en arreglos florales. Las especies recopiladas con este fin son *Niphidium* y *Nephrolepis* sp. (Fig. 2), supuestamente porque sus hojas duran bastante tiempo sin agua.

Fig. 2: Arreglo floral con frondes de *Niphidium* sp. (Polypodiaceae), que son son comúnmente usadas en mercados de flores en La Paz (Bolivia) por ser duras y coriáceas. Se los cosecha de la parte alta de los bosques yungueños de La Paz a una hora de viaje desde la ciudad. No se tienen registros de su cultivo. Foto: J. Gonzales.

Un uso vinculado al comercio de plantas ornamentales es la tala de helechos arborescentes para la elaboración de macetas, cuyo comercio se efectúa principalmente en las ciudades. Esta práctica es extensiva a varios otros países (Thomas 1999). Pedazos más pequeños y menos elaborados de los troncos de los helechos se emplean como base para el cultivo de orquídeas y especies de *Platycerium*. La extracción destructiva de estos helechos técnicamente está prohibida para exportación, por encontrarse estos taxones limitados por la convención CITES, pero esto no disminuye o limita su uso a nivel interno.

En Ecuador se registran nueve especies usadas para fines ornamentales (Tabla 1). La mayoría de registros de uso (11) proviene de Ambato (provincia de Tungurahua) y fueron reportados por Sánchez & Gonzáles (1964) en que se mencionan especies como *Asplenium monanthes*, *Dicksonia sellowiana* y *Nephrolepis exaltata*. El resto de registros se reparte entre las provincias de Imbabura, Azuay y Pichincha. En las provincias de El Oro, Azuay y Loja se cosechan las pinnas coriáceas y durables de *Lophosoria quadripinnata* para exportación a Europa, donde se usa para arreglos florales (Z. Aguirre 2006, com. pers.).

Malezas

La mayoría de las malezas más agresivas ha sido reportada entre las plantas acuáticas, especialmente en los países templados con especies introducidas tropicales. En el Perú, las plantas no deseadas en cultivos incluyen a tres especies de pteridofitas: *Azolla filiculoides*, *Equisetum bogotense* y *E. giganteum* (Sagástegui & Leiva 1993). Sin embargo, la aplicación del término e impacto de estas plantas a los cultivos no ha sido definida. El único reporte verificable como maleza se conoce de mediados de los 1980, cuando *Azolla filiculoides* asociada a otras especies acuáticas con flores se convirtió en un problema serio para el transporte acuático en una localidad del departamento de Ucayali (León *et al.* 1998).

Con el nombre shapumba se conoce en el Perú a *Pteridium arachnoideum* y *P. caudatum* las cuales ocupan áreas deforestadas. Tratamientos locales en el control de esta especie incluye la adición de calcio para modificación del pH del suelo (A. Brack 2006 com.pers.) o la quema de las plantas para la remoción del follaje y trozado de los rizomas. No existe, sin embargo, una evaluación del costo en el control y erradicación en el Perú.

Materiales

Para la categoría materiales se reporta un total de 25 especies en Ecuador (Tabla 1). En la elaboración de artesanías se registra la mayor cantidad de especies (19), que dan un total de 30 registros de uso (Tabla 2); la mayoría de registros reporta la elaboración de adornos y collares (p.e. *Adiantum macrophyllum*, *Pteris pungens*). Doce especies se usan como materiales para construcción, destacándose *Cyathea caracasana* con siete registros de uso para construcciones de casas en que se emplea el tallo como vigas y pilares. Spruce (1906) refiere que este uso se debe a la flexibilidad de los troncos, razón por la que aguantan los temblores y terremotos.

De igual manera, el género *Cyathea* es ampliamente utilizado en la zona yungueña de Bolivia cuyo tronco es utilizado como vigas para la construcción de casas o como soporte del frontis. El tronco de los helechos arbóreos es bastante duro y resistente mecánicamente y biológicamente, debido a que no es atacado por termitas u otros insectos.

Finalmente, *Dennstaedtia cicutaria* es usada por los Awá como cedazo para cernir el guarapo (bebida fermentada).

Medicinales

El uso como medicinal se refiere al uso tradicional y moderno de estas plantas por diversas comunidades para el tratamiento de males. Este es el grupo de pteridofitas que mayor atención

ha recibido; Murillo (1983) citó algo más de 80 especies con distribución en el Perú, de los cuales seis contaban con referencia a algún atributo medicinal. A nivel intrarregional en el Perú, la composición de las especies empleadas es muy homogénea; las diferencias en composición se hallan entre la Amazonía y las regiones fuera de su influencia. Así, las Pteridaceae – en especial los helechos cheilantoides y los licopodios – son los más empleados en la zona andina, mientras que las Dryopteridaceae (*s.l.*) y las Polypodiaceae en la Amazonía.

El número de especies al que se les atribuye propiedades medicinales aparentemente es reducido a lo esperado y la información sobre ellos es en varios casos contradictoria. Así Franquemont *et al.* (1990) reportaron 45 pteridofitas para una comunidad en el departamento de Cusco, a ocho de las cuales los informantes atribuyeron algún uso medicinal, aunque a la mitad de estas especies la información era opuesta. Recientemente, Mellado *et al.* (2004) al comparar el uso de las pteridofitas en ocho comunidades a lo largo del territorio peruano, reportaron que si bien el atributo medicinal es el más numeroso, solamente un 12% del total de 171 especies disponibles tenían algún uso.

El uso como planta medicinal ha captado el interés oficial. Pastor *et al.* (1995) listaron 24 pteridofitas para Perú con potencial fitogenético. Sin embargo, falta corroborar los usos atribuidos con mayor información sobre las características químicas y fisiológicas, tal como se ha realizado con *Phlebodium pseudoaureum*. Falta también conocer el impacto de la extracción de individuos con este propósito a las poblaciones de las especies y los actores involucrados en este negocio. Por ejemplo, en el caso de algunas poblaciones de los cuti cuti (*Cheilanthes pruinata* y *Argyrochosma nivea*) en la cuenca alta del Rímac aparentemente la extracción ha disminuido considerablemente estas poblaciones, la cual es realizada por pobladores de comunidades fuera de la cuenca (G. Vilcapoma com. pers. 2006).

Bajo este tipo de uso, se incluye también a las plantas empleadas como fuente de compuestos secundarios para la industria farmacéutica y cosmética. En el Perú, la importancia de este tipo de recurso se comprueba en su incorporación a los anuarios de exportación, donde son listadas como calaguala (INRENA 2005), pero de las que se desconoce si su proveniencia es de plantas cultivadas o poblaciones silvestres. Entre los helechos de la flora peruana, las calaguala (*Phlebodium decumanum y P. pseudoaureum*) se emplean para la extracción de compuestos con los que se preparan pastillas para el tratamiento de vitíligo e inflamaciones, bajo el nombre *Polypodium leucatomos* (Brieva *et al.* 2002). Sin embargo, el nombre común calahuala o calaguala es empleado en el Perú para otros dos géneros principalmente de las Polypodiaceae (León & Albán en prep.), por lo que debe aclararse cuál de los taxones se comercializa.

Ciento treinta y ocho especies identificadas de helechos son usadas medicinalmente en Ecuador. El número registrado más alto de especies (45) se da para tratar mordeduras de serpientes (Tabla 2); se destacan por el número de registros de uso *Dicranopteris pectinata*, *Trichomanes elegans* y *Thelypteris gigantea*, la primera es usada por los Tsáchila y las dos últimas por los Awá. Un estudio realizado en el noroeste de Colombia (Otero *et al.* 2000) registra 700 plantas usadas para tratar mordeduras de serpientes, entre las cuales se encuentran *Trichomanes elegans* y *Pleopeltis pescussa*. A continuación está la subcategoría desórdenes del sistema respiratorio con 29 especies usadas, entre las que destacan *Campyloneurum cochense* y *Polypodium fraxinifolium*, seguida de las 25 especies usadas como antipirético. Para las afecciones del hígado y dolor de estómago con 24 especies cada una, destacan *Saccoloma elegans* y *Lomariopsis japurensis* para la primera subcategoría y *Tectaria incisa* y *Thelypteris francoana* para la segunda. Dentro de las 23 especies registradas para tratar desórdenes del sistema urogenital se tiene a *Equisetum bogotense*,

E. giganteum y *Campyloneurum angustifolium*. *Equisetum bogotense* ha reportado ser usada para tratar desórdenes urogenitales en Perú, Bolivia y Chile (Looser & Rodríguez 2004) y *E. giganteum* también tiene reportes en Perú y Bolivia (Macía *et al.* 2005). Para el resto de afecciones o enfermedades se registran entre una y 18 especies usadas (Tabla 2). Dentro de las especies con efecto antiinflamatorio sobresale *Campyloneurum amphostenon*, usada en la provincia de Loja para tratar la inflamación interna de los órganos sexuales femeninos. Según Franquemont *et al.* (1990), esta especie es usada por los Quechua de Chinchero (Perú) para tratar los dolores de cabeza, existe además cierta similitud entre los nombres comunes para cada país, en Ecuador recibe el nombre de calahuala y en Perú qalaywala (ambos nombres adaptados al castellano).

Dentro de la subcategoría otras medicinas, existen registros de uso para los cuales no se especifica el uso medicinal, como ocurre con *Salpichlaena volubilis* usada por los Siona y Secoya o *Antrophyum guayanense* por los Cofán y *Niphidium crassifolium* y *Phlebodium decumanum* usadas por los Quechua del oriente. Esta última especie es usada por la comunidad indígena Miraña de Colombia para tratar la tos ferina y afecciones del bazo (La Rotta, s/a). En esta misma subcategoría, *Huperzia tetragona* y *Lycopodiella alopecuroides* son usadas por los Quechua de la sierra para tratar el aire, una enfermedad que puede ser causada por cambios bruscos en la temperatura corporal, por debilidad física y puede producir parálisis facial o corporal (aire es difícil de definir y ubicar médicamente, pero ha sido reportada en especial en los Andes) (Macía *et al.* 2005). *Huperzia tetragona* es usada para tratar el aire en el ganado y es el único registro encontrado de un helecho que se usa veterinariamente en el Ecuador. Para la misma especie, Hooker (1838) reportó la capacidad de un purgativo violento, supuestamente por el contenido de alcaloides y fue usado por los indígenas de la provincia de Azuay para tratar la elefantiasis y lepra.

De un total de 21 especies en Ecuador (Tabla 1), la mayor cantidad de especies (14) se usa para preparar baños o lavados con el fin refrescarse, como se reporta para los Tsáchila con helechos como *Diplazium striatastrum* y *Adiantum macrophyllum* o tratar a niños considerados débiles para el trabajo, como lo reporta Ellemann (1990) para los Quechua de la sierra con *Lycopodium thyoides* y *Lycopodium contiguum*.

Un espécimen no identificado del género *Polypodium* reporta ser usado como anticonceptivo en la provincia de Cotopaxi. *Phlebodium decumanum* se usa como abortivo en Pastaza y además es usada como supresor del apetito por los Quechua del oriente; los Cofán usan una especie no identificada del género *Polybotrya* para ese mismo fin (supresor del apetito). En la subcategoría otras medicinas, *Lycopodium thyoides* es usada por los Quechua de la sierra para tratar a niños que no pueden caminar y *Selaginella exaltata* por los Cofán para tratar a los niños que se orinan por la noche en la cama.

En las ciudades grandes de Bolivia existe siempre un mercado especial para estos productos, así se puede constatar en el mercado de brujas o las denominadas chifleras (Figura 3) que son vendedoras de hierbas (ver Vidaurre en este volumen).

Un uso medicinal difundido entre los oriundos de la zona de los Yungas de Bolivia e incluso de tierras bajas es el que se le atribuye al tronco de *Cyathea*, ya que cuando es dañado en vivo, produce una resina pegajosa café oscura con propiedades curativas para heridas abiertas y con poder aséptico, cicatrizante y como coagulante cutáneo.

Tóxicas

Entre las plantas tóxicas más estudiadas se halla el complejo de *Pteridium aquilinum*, sobre el cual se conoce la genética de la presencia de un glicósido cianogénico, así como el efecto carcinogénico para herbívoros y humanos

(Shahin *et al.* 1999). Los casos de envenenamiento por la ingesta de shapumba (*Pteridium arachnoideum*) son conocidos en varias partes de la Amazonía peruana, sobre la base de ejemplares de herbario. En el caso de esta especie la hematuria es el principal problema para el ganado en pastizales abandonados. Otra especie, a la que recientemente se atribuye casos de hematuria es *Pityrogramma calomelanos*, la cual ha sido considerada tóxica para el ganado en pastizales pedemontanos de la vertiente oriental en los departamentos de Huánuco y San Martín.

Con la excepción de *Pteridium*, no hay un programa nacional que contemple la documentación de los casos de toxicidad de plantas, incluyendo las pteridofitas.

Cosméticos

De las 10 especies reportadas para cosméticos en Ecuador (Tabla 1), ocho se usan para el cuidado del pelo y cuero cabelludo; tres etnias usan diferentes especies de helechos para hacer crecer el pelo: los Awá usan *Nephrolepis cordifolia*, los Chachi *Elaphoglossum herminieri* y los Tsáchila *Trichomanes collariatum*; otras especies usadas con el mismo propósito son *Oleandra lehmannii* y *Adiantum aethiopicum*. *Saccoloma inaequale* es usada por los Huaorani como perfume y *Bolbitis lindigii* como jabón en la provincia de Napo.

Sociales

En esta categoría se incluye a las plantas empleadas por el ser humano por su efecto placentero o por estar vinculadas a creencias y tradiciones. Varias especies de helechos han sido señaladas como substitutos de coca (*Erythroxylum coca*) en varias partes dispersas de los Andes peruanos, en particular en Ayacucho y Cusco. Entre las especies substitutas están *Asplenium foeniculaceum* Kunth (Tryon 1959), *Cheilanthes incarum* Maxon (Herrera 1939), *C. pruinata*, *Campyloneurum* spp.

Fig. 3: Atados de *Equisetum bogotense* (Equisetaceae) que se venden en los mercados de plantas medicinales y rituales en puestos de chifleras en La Paz. Esta planta es recolectada también de los alrededores de la ciudad en ambientes húmedos. Foto: J. Gonzales.

y *Pleopeltis buchtienii* (Franquemont *et al.* 1990). Al igual que para las especies consideradas como medicinales, tienen otros usos o no existe concordancia en el atributo entre los informantes.

En el Perú, una especie –*Huperzia crassa*– se emplea como talismán según las colecciones de herbario examinadas; asociada a la fertilidad de animales domésticos y en especial de cuyes. Con los nombres de aka paranin o aca´pa ranin (A. Cano com. pers. 2006) las plantas de esta especie son extraidas de los humedales altoandinos y colocadas en el dintel de los cuyeros. Sin embargo, otras especies de *Huperzia* de ambientes paramunos y de puna, como *H. brevifolia*, *H. kuesteri* y *H. sellifolia* son comercializadas como parte de objetos y plantas de valor mágico en mercados especializados en las ciudades costeñas. Otra especie: *Polypodium levigatum* es empleada en ceremonias para el paso de niñez a adultez en mujeres en el centro oriente del país y probablemente represente el único caso reportado asociado a este uso en el país. Probablemente otras especies se adicionarán a este tipo de uso. Al igual que para el caso de las plantas medicinales, las especies comercializadas son extraídas de poblaciones silvestres y poco se sabe de los detalles de estas actividades y de su impacto.

En Ecuador seis especies de helechos son reportados para realizar rituales de tipo religioso o shamanístico en etnias como los Huaorani (con *Adiantum humile*), Chachi (con *Tectaria incisa*) y Quechua del oriente (con *Selaginella exaltata*). Otros registros se atribuyen a la elaboración de adornos navideños (p.e. con *Lycopodium contiguum*, *Huperzia eversa*) y collares (p.e. *Adiantum macrophyllum*, *Pteris pungens*).

En Bolivia y durante el mes de diciembre, además de ser el mes de la Navidad, esta es una época muy lluviosa, lo que favorece al crecimiento masivo de los helechos en los Yungas. En esta época los pobladores de los sectores periféricos de la ciudad acostumbran recolectar gran número de hojas de helechos grandes y/o plantas de hojas pequeñas persistentes para ser usadas como adorno de los pesebres religiosos. Los géneros de helechos más usados son: *Cyathea, Lophosoria, Dicksonia, Polystichum, Dryopteris wallichiana*, *Thelypteris*, *Blechnum*, *Polypodium* y *Asplenium*; entre los grupos afines a los helechos se usa también al género *Huperzia*.

Conclusiones

En Ecuador, Perú y Bolivia probablemente más de 200 especies de helechos y grupos afines están directa o indirectamente asociadas a un uso benéfico o dañino para una variedad de categorías y subcategorías. Las especies incluidas aquí se les atribuye mayormente más de un uso, siendo las de mayor concordancia regional entre las medicinales y de servicios ambientales. Las diferencias en los grupos utilizados se manifiestan en la composición regional de los usos, pero el traslado de uso y costumbres a los centros urbanos parece influenciar a las preferencias por ciertas especies. Con la excepción de unos pocos casos, el carácter de las actividades vinculadas al uso de los helechos es mayoritariamente extractivo. Poco se conoce del impacto a estos recursos, tampoco los factores que modulan la extracción y comercialización de estos, ni los actores involucrados.

El potencial de algunas especies como fito-remediadores es de relevancia el explorar más a detalle, tanto desde el punto de vista de la aplicación de las especies conocidas por su eficacia en la absorción de metaloides, como también por el desarrollo de líneas de investigación en otras especies de la flora.

Se debe reconocer también el valor de algunas especies de pteridofitas como recurso fitogenético; así como el potencial de su aprovechamiento que es parte de la discusión en los organismos encargados de la promoción y protección de los recursos naturales. Por ello es importante fomentar la investigación de los

aspectos asociados al uso de estas plantas, pues los atributos que se confieren a muchas de ellas no tienen sustento o forma de corroborarse, ni se sabe si su explotación es sustentable. Estos aspectos podrían servir para facilitar el vínculo entre los científicos con los políticos e inversionistas.

En consecuencia, sugerimos realizar un estudio exclusivo para pteridofitas sobre el significado, aplicación y área geográfica de influencia de los nombres vernaculares y la nomenclatura científica asociada a cada uno de ellos; estudio en el cual, al mismo tiempo compile los usos por etnias permita reconocer las especies.

Referencias

Alarcón, R., Mena, A. & A. Soldi. 1994. Etnobotánica, valoración económica y comercialización de recursos florísticos silvestres en el Alto Napo, Ecuador. Maga editores, Quito. 204 p.

Báez, S. 1999. Diccionario de las plantas usadas por los Canelos Quechua. Pp. 68-74 En: Borgtoft, H., Skov, F., Fjeldså, J., Schjellerup, I. & B. Øllgaard (eds.) La Gente y la Biodiversidad, Dos Estudios en Comunidades de las Estribaciones de los Andes en Ecuador. Centro para la Investigación de la Biodiversidad Cultural y Biológica de los Bosques Pluviales Andinos (DIVA), Dinamarca y ediciones Abya-Yala, Quito.

Bennett, B.C. 1990. Useful plants of Amazonian Ecuador. U. S. Agency For International Development Grant Nro. LAC-0605-G-SS-7037-00, NuevaYork. 170 p.

Boom, B.M. 1985. Ethnopteridology of the Chácobo Indians in Amazonian Bolivia. Amer. Fern J. 75: 19-21.

Bourdy, G., Dewalt, S.J., Chávez De Michel, L.R., Roca, A., Deharo, E., Muñoz, V., Valderrama, L., Quenevo, C, & Jiménez, A. 2000. Medicinal plant uses of the Tacana, an Amazonian Bolivian ethnic group. J. Ethnopharm. 70: 87-109.

Brieva, A., A. Guerrero & J.P. Pivel. 2002. Immunomodulatory properties of a hydrophilic extract of *Polypodium leucatomos*. Immunopharmacology 9(4): 361-371.

Cárdenas, M. 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Editorial Los Amigos del Libro, Cochabamba. 421 p.

Cerón, C., Montalvo, C.G., Umenda, J. & E. Umenda. 1994. Etnobotánica y notas sobre la diversidad vegetal en la comunidad Cofán de Sinangüé, Sucumbíos, Ecuador. Pp. 1-260 En Mena, P.A. (ed.) Investigación y Monitoreo 2. Editcar, Quito.

Cook, F. E. M. 1995. Economic botany data collection standard. Royal Botanic Gardens, Kew. 146 p.

Davis, E.W. & J.A. Yost. 1983. The ethnomedicine of the Wuaorani of Amazonian Ecuador. J. Ethnopharma. 9:273-297.

de la Torre, L. 2005. Guía para llenar los campos de la base de datos de plantas útiles del Ecuador. Herbario QCA, Quito. 8 p.

De Lucca, M. & J. Zalles. 1992. Flora medicinal boliviana, diccionario enciclopédico. SEAPAS. Editorial Los Amigos del Libro. La Paz. 498 p.

Dubuisson, J.Y., S. Hennequin, E.J.P. Douzery, R.B. Cranfill, A.R. Smith & K.M. Pryer. 2003. rbcL Phylogeny of the fern genus *Trichomanes* (Hymenophyllaceae) with special reference to Neotropical taxa. Int. J. Plant Sci. 164(5): 753-761.

Ellemann, L. 1990. Appendix to plants used by the Saraguros. Pp. 1-46 En: Balslev, H. & B. Øllgard (eds). Plants Used by the Saraguros. Botanisk Institut, Aarhus Universitet, Aarhus.

Elless, M.P., C.Y. Poynton, C.A. Williams, M.P. Doyle, A.C. Lopez, D.A. Sokkary, B.W. Ferguson & M.J. Blaylock. 2005. Pilot-scale demonstration of phytofiltration for treatment of arsenic in New Mexico drinking water. Water Res. 39(16): 3863-3872.

Francesconi, K., P. Visoottiviseth, W. Sridockchan & W. Goessler. 2002. Arsenic species in an arsenic hyperaccumulating fern, *Pityrogramma calomelanos*: a potential phytoremediator of arsenic-contaminated soils. Sci. Tot. Environ. 284: 27-35.

Franquemont, C., Plowman, T., Franquemont, E., King, S.R., Niezgoda, C., Davis, W. & C. R. Sperling. 1990. The ethnobotany of Chinchero, an Andean community in southern Peru. Fieldiana. Botany (24): 1-126.

Herrera, F. 1939. Catálogo Alfabético de los nombres vulgares y científicos que existen en el Perú.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 361 p.

Hooker, W. J. 1838. On the "Jatun condenado" (*Lycopodium catharticum*), an efficacious remedy for the Leprosy among the Indians of Columbia. Ann. Nat. Hist. 1 (4): 428-431.

House, P., Lagos-Witte, S. & C. Torres. 1989. Manual popular de 50 plantas medicinales de Honduras. Segunda edición. Litografía Lopez. Tegucigalpa. 134 p.

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2005. Perú forestal en números Año 2004. Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre, Centro de Información Forestal, Ministerio de Agricultura, Lima.

Johns, T. & A. Camino. 1988. Laki-laki *Dennstaedtia glauca* (Polypodiaceae) a green manure used in tradicional Andean agricultura. Economic Botany 42(1): 45-53.

Jørgensen, P.M. & S. León-Yánez. (eds.). 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: 1-1181.

La Rotta, C. s/a. Especies utilizadas por la comunidad Miraña. Estudio etnobotánico. Word Wildlife Fund, FEW. 318 p.

León, B. 1982. Los helechos de la ciudad de Lima y alrededores. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 62 p.

León, B. & K.R. Young. 1996. Distribution of pteridophyte diversity and endemism in Peru. Pp. 77-91 En: J. M. Camus, M. Gibby & R. J. Johns (Eds.). Pteridology in Perspective, Royal Botanical Gardens, Kew.

León, B., K.R. Young & A. Cano. 1998. Uso actual de la flora y vegetación en los humedales de la costa central del Perú. pp. 191-204. En: A. Cano & K.R. Young (eds.) Los Pantanos de Villa. Biología y Conservación. Serie de Divulgación, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos 11, Lima.

Looser, G. & R. Rodríguez. 2004. Los helechos medicinales de Chile y sus nombres vulgares. Gayana Bot. 61(1):1-5.

Luongo, T. & L. Q. Ma. 2005. Characteristics of arsenic accumulation by *Pteris* and non-*Pteris* ferns. Plant and Soil 277(1-2): 117-126.

Macía, M.J. 2004. A comparison of useful pteridophytes between two Amerindian groups from Amazonian Bolivia and Ecuador. Amer. Fern J. 94(1): 39-46.

Macía, M. J., García, E. & P. J. Vidaurre. 2005. An ethnobotanical survey of medicinal plants commercialized in the markets of La Paz and El Alto, Bolivia. Journal of Ethnopharmacology 97: 337-350.

Mellado, F., J. Albán, A. Coz & B. León. 2004. Avances a conocimiento de las pteridofitas útiles del Perú. Pp. 266 En: Libro Resúmes X Congreso Nacional de Botánica, 2-5 mayo 2004, Trujillo.

Murillo, M.T. 1983. Usos de los helechos en Suramérica con especial referencia a Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Museo de Historia Natural. Biblioteca Jose Jeronimo Triana (5): 1-156.

Navarrete, H. 2001. Helechos comunes de la amazonia baja ecuatoriana. Editorial Simbioe, Quito. 152 p.

Oblitas, P. E., 1992. Plantas medicinales de Bolivia (Farmacopea Kallawaya). 2da ed. Los Amigos del Libro, La Paz. 529 p.

Øllgaard, B. 1992. Neotropical Lycopodiaceae - an Overview. Ann. Missouri Bot Gard. 79: 687-717.

Otero, R., Fonnegra, R., Jiménez, S. L., Núñez, V., Evans, N., Alzate, S.P., García, M. Saldarriaga, G. del Valle, R. G. Osorio, A. Díaz, R. Valderrama, A. Duque & H. N. Vélez. 2000. Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia. Part I: traditional use of plants. J. Ethnopharma 71: 493-504.

Otero, R., Fonnegra, R., Jiménez, S. L., Núñez, V., Evans, N., Alzate, S.P., García, Pérez Campana, D., E. Carrillo Pezo, A. Catacora M., E. Gonzalez G., F. Delgado A. & R. Arce C. 2002. Helechos alimenticios desde los antiguos peruanos. Pp. 44 En: Libro de Resúmenes IX Congreso Nacional de Botánica, Iquitos.

Pastor, S. S., E.A. Millones, J. L. Alvarez-Campos, L. Gutierrez Deza, E. Jayos Rios, I. Briceño Sánchez, M. Rosales Benítez, L. Gómez Pando, R. Sevilla P. C. Del Carpio M. & J. C. Rivera S. 1995. Perú: Informe nacional para la conferencia técnica internacional de la FAO sobre los recursos fitogenéticos, Lima.

Perez Campana, D., E. Carrillo Pezo, A. Catacora M., E. Gonzales G., F. Delgado A. & R. Arce C. 2002. Helechos alimenticios desde los antiguos peruanos. pp. 44 En: Libro de Resúmenes IV Congreso Nacional de Botánica, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos.

Pestalozzi, H-U, 1998. Flora ilustrada altoandina la relación entre hombre, planta y medio ambiente en el Ayllu Majasaya Mujlli. Herbario Nacional de Bolivia y Herbario Nacional Forestal Martín Cárdenas, Cochabamba. 244 p.

Ponton, F., Y. Piche, S. Parent & M. Caron. 1990. The use of vesicular-mycorrhizae in Boston fern production I. Effects of peat-based mixes. Hortscience 25(2): 183-189.

Ranker, T.A, A.R. Smith, B.S. Parris, J.M.O. Geiger, C.H. Haufler, S.C.K. Straub & H. Schneider. 2004. Phylogeny and evolution of grammitid ferns (Grammitidaceae): a case of rampant morphological homoplasy. Taxon 53(2): 415-428.

Sagástegui A., A. & S. Leiva G. 1993. Flora invasora de los cultivos del Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Trujillo. 539 p.

Sánchez, C.A. & P.J. Gonzáles. 1964. Flores y plantas ornamentales de la tierra Ambateña. Editorial Pio XII, Ambato. 10 p.

Shahin, M., B.L. Smith & A.S. Prakash. 1999. Bracken carcinogens in the human diet. Mutation Research 443: 69-79.

Smith, A.H., P.A. Lopipero, M.N. Bates & C.M. Steinmaus. 2002. Arsenice epidemiology and drinking water standards. Science 296: 2145-2146.

Smith, A.R.; B. León, H. Tuomisto, H. van der Werff, R.C. Moran, M. Lehnert & M. Kessler. 2005. New records of pteridophytes for the flora of Peru. Sida 21(4): 2321-2342.

Sodiro, A. 1893. Cryptogamae vasculares quitensis. Typis Universitatis, Quito. 656 pp.

Spruce, R. 1970. Notes of a botanist on the Amazon and Andes. I-II. Johnson Reprint Corporation, Nueva York y Londres. (Original ed. 1908). 518 y 542 p.

Srivastava, M., L.Q. Ma & J. Cotruvo. 2005. Uptake and distribution of selenium in different fern species. Intern. J. Phytoremediation 7(1): 33-42.

Srivastava, M., L.Q. Ma & J.A. Santos. 2006. Three new arsenic hyperaccumulating ferns. Sci. Total Environ. 364: 24-31.

Tapia Núñez, M.E. & J.A. Flores Ochoa. 1984. Pastoreo y pastizales de los Andes del sur del Perú. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria & Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores, Lima. 321 p.

Thomas, B.A.1999. Some comercial uses of pteridophytes in Central America. Amer. Fern J. 89(2): 101-105.

Tryon, A.F. 1959. Ferns of the Incas. American Fern Journal 49(1): 10-24.

Vandebrok, I., Thomas, E. & AMETRAC. 2003. Plantas medicinales para la atención primaria de la salud - El conocimiento de ocho médicos tradicionales de Apillapampa (Bolivia). Industrias Gráficas Serrano, Cochabamba. 318 p.

Wiersema, J.H. & B. León 1999. World economic plants: a standard reference. 749 p. CRC Press, Boca Ratón, Florida.

Zhao, F., S.J. Dunham & S.P. McGrath. 2002. Arsenic hyperaccumulation by different fern species. New Phytologist 156(1): 27-31.

Anexo 1: Helechos medicinales en Bolivia. Lista en orden alfabético según nombres científicos aceptados (nombres de fuente bibliográfica entre paréntesis).

Adiantum poirettii, duradilla y *Adiantum orbignyanum* - Dolor de estómago, Far: *Adiantum capillus-veneris* tiene un efecto abortivo (De Lucca & Zalles 1992).

Alsophila cuspidata, sacha chusi-chusi (Quechua), chusi-chusi (Aymara y Auechua), rakhi-rakhi (Aymara), sanu-sanu (Aymara) - Hojas: hemorragias pulmonares, Raíz: Vermífuga (Vandebrok *et al.* 2003, Oblitas 1992).

Campyloneurum angustifolium (*Polypodium crassifolium*), wisarum (Quechua), laguna de ciervo, Jatun-kalawala (Quechua) (Oblitas 1992).

Capyloneurum angustifolium (*Polypodium angustifolium*), calaguala, qalaguala (Aymara), puntu-puntu (Aymara) - Hojas: astringente, depurativo y sudorífico. Se usa para catarros (Oblitas 1992).

Cheilanthes myriophylla, Duradilla, duradillo, llama chaki - Hemorrágias después del parto, planificación familiar, warmis (Ay: esterilidad de la mujer). Transpiración fuerte. Contra resfrío, Farma-Etomédicos: *Cheilanthes myriophylla* se usa contra prostatitis, diarrea, tos. (Murillo 1983, Vandebrok *et al.* 2003).

Cheilanthes pruinata, Duradillo, chiñi duradillo, jatunau - Dolor de orinar. Chagas. Acelera parto y recuperación postparto. Dolores de parto. Hemorragias vaginales durante el embarazo Farma-etnomédicos: Dolor de estómago y dolor de cabeza (Pestalozzi 1998).

Cheilanthes scariosa, Uiradilla (ay) - Tos, quebradura de matriz, planificación familiar, apaga sangre de parto, dolor de cabeza, quebraduras-heridas, Acelerar parto (Cárdenas 1969).

Dryopteris wallichiana, helecho macho, purum caqui-raqui (Quechua), purum chusi-chusi (Aymara), Rapachu - Lombrices intestinales en especial para la tenia. Se usa en especial el mucílago para cubrir las heridas con el fin de refrescar y evitar infección. Luxaciones y golpes (Oblitas 1992).

Equisetum bogotense, cola de caballo, equiseto, rabo de mula, caballo chupa (Quechua), tujchi wichinca (Aymara) - Astringente, rurificante de sangre, diurético para enfermedades de riñones, vejiga y próstata (Cárdenas 1969, Vandebrok *et al.* 2003).

Equisetum giganteum, cola de caballo - Aumenta presión sanguínea, eolor de riñones, reumatismo, apaga sangre de menstruación, diabetes (Cárdenas 1969).

Notholaena sulphurea, ualila, dolor de parto - Farmacológico: El extracto orgánico de *N. nivea* es activa contra *Tripanosoma cruzi* (mal de Chagas) (Vandebrok *et al.* 2003).

Pleopeltis buchtienii (*Polypodium buchtienii*), chips-kuka (Aymara) - Astringente y sudorífica (Oblitas 1992).

Pleopeltis pycnocarpa (*Polypodium pycnocarpum*), qalawala (Aymara y quechua), calahuala - Rizoma: sífilis y gota, reumatismo, mestruación irregular. Hojas: Lavajes par enfermedades de la piel (Oblitas 1992).

Polypodium vulgare, helecho común, cola de mono (Oriente boliviano), janachiwa (Quechua), waywansa (Aymara) - Rizoma: Infusión como purgante y vermífugo y el líquido flemosos o mucílago se usa como cicatrizante (Oblitas 1992).

Polypodium lachniferum, Yanguata (Chimane, Mapiri), puli-puli (Aymara), negrillo (N del Oriente boliviano) - Rizoma: antiespasmódico, diarrea y disentería, astringente, sudorífico y antireumático; Hojas: dolores reumáticos, gota, artritis (Oblitas 1992).

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 412-433.

Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae)

Finn Borchsenius[1] & Mónica Moraes R.[2]

[1] Systematic Botany, Department of Biological Sciences, University of Aarhus, Herbarium, Universitetsparken Building 1137, DK-8000, Aarhus C, Dinamarca
email: finn.borchsenius@biology.au.dk
[2] Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 10077, Correo Central, La Paz, Bolivia
email: monicamoraes@acelerate.com

Abstract

A total of 24 genera and 110 species have been recorded in the Andes above 1000 m elevation, corresponding to 37% and 15% of the genera and species, respectively, of palms in the Americas. Most of these genera have their distribution centre outside the Andean region, but for seven genera more than 2/3 of their species occur in the Andes and four genera (*Aiphanes*, *Ceroxylon*, *Parajubaea* y *Wettinia*) have their centre of distribution in the Andes. The highest diversity is found in the Andes of Colombia (80 species and 20 genera of palms) diminishing towards Venzuela and Bolivia. Uses of one or more categories are reported in the literature for 42 Andean palm species representing all genera found in the region. Most common use categories are food (fruits, palm heart, vegetable oil), medicine, construction material and raw material for handicrafts. The economically most important uses include *Ceroxylon* leaves for easter processions, *Geonoma* leaves for flower decorations, and *Phytelephas* seeds for vegetable ivory. Formerly *Prestoa* palm-heart was an important product in some regions, but this has now been replaced by harvest of cultivated *Bactris gasipaes*. The history of usage of Andean palms has been characterised by a series of 'boom-and-bust' developments and there is a need to develop strategies and management schemes for sustainable resource utilisation, particularly of *Ceroxylon* and *Geonoma* species, in order to create a stable source of income in rural areas of the Andes.
Key words: Diversity, Uses, Andean palms.

Resumen

En los Andes y por encima de 1.000 m de altitud se ha registrado un total de 24 géneros y 110 especies de palmeras, que significan el 37% y 15%, respectivamente de la riqueza total reportada para el continente americano. La mayoría de los géneros representados en los Andes tienen su centro de diversidad fuera de esa región, pero siete géneros poseen más de 2/3 de sus especies en la región andina y cuatro géneros (*Aiphanes*, *Ceroxylon*, *Parajubaea* y *Wettinia*) tienen su centro andino de distribución. Latitudinalmente se tiene el mayor número de especies y endemismos en Colombia (con más de 80 especies y 20 géneros), para luego decrecer ambos hacia Venezuela y Bolivia. Según la información consultada, todos los géneros andinos tienen una o más categorías de uso y en total son 42 especies, siendo las principales las alimenticias (frutos, palmito, aceites), medicinal, material de construcción y artesanal, entre otros. Los usos económicos más importantes incluyen la cosecha de hojas de *Ceroxylon* para Pascua, hojas de *Geonoma* para decoración floral y semillas de *Phytelephas* como marfil vegetal. Históricamente, el uso de derivados de palmeras andinas se caracteriza por un síndrome de auge y explosión, por lo que para crear una fuente estable de ingresos para las áreas rurales de los Andes se requieren estrategias de desarrollo y esquemas de manejo para el uso sostenible de recursos naturales, particularmente para las especies de *Ceroxylon* y *Geonoma*.
Palabras clave: Diversidad, Usos, Palmeras andinas.

Introducción

La familia de palmeras incluye a 200 géneros y 2.450 especies distribuidas en la región tropical a nivel mundial, con algunas especies que se extienden en áreas subtropicales en ambos hemisferios. Además de ser un grupo diverso y ecológicamente importante, los componentes de la familia Arecaceae tienen renombre por su extraordinaria utilidad para las comunidades humanas y las palmeras están siendo explotadas en amplios rangos de escalas económicas a nivel mundial. Por ejemplo, hay especies de importancia económica global como la palma africana aceitera (*Elaeis guineensis*) y el coco (*Cocos nucifera*). Las palmeras *rattan* (con hábito trepador de la subfamilia Calamoideae) aportan importante materia prima destinada a industrias de muebles y artesanías en Asia y Africa. Mientras que especies de los géneros *Borassus*, *Metroxylon*, *Arenga*, *Attalea* y *Phoenix* son fuente de azúcares, almidones, vino de palmera, frutos comestibles y son altamente importantes fuentes nutritivas a nivel local. Muchas distintas especies de palmeras producen materiales de construcción, fibras, hojas para techado y cera para consumo local y comercio en todos los trópicos húmedos.

A nivel global, la diversidad alfa de palmeras muestra una fuerte correlación positiva con la temperatura y precipitación. Picos absolutos en diversidad alfa son encontrados en áreas perhúmedas de tierras bajas cercanas al ecuador, incluyendo partes de la región malesiana y el corredor occidental de la cuenca amazónica. Debido a climas más fríos, la riqueza de especies de palmeras es generalmente más baja en bosques montanos que en áreas circundantes. Sin embargo, las palmeras a menudo constituyen un componente muy importante en el dosel del bosque montano. Un ejemplo clásico del dominio de palmas en bosque montano es tal vez la especie colombiana, *Ceroxylon quindiuense* que cuenta con una legendaria reputación entre los primeros exploradores europeos del norte de los Andes debido a su espectacular altura, troncos blancos y poblaciones densas. *Dictyocaryum lamarckianum* es localmente abundante en el dosel de bosques andinos a altitudes medianas y especies como *Geonoma undata* pueden llegar a dominar el sotobosque (Valencia 1995). Además, las áreas montañosas a menudo contienen una elevada proporción de especies raras y localmente distribuidas.

La diversidad y biogeografía de las palmeras tropicales andinas fue discutida por Moraes *et al.* (1995), quienes concluyeron que los Andes por encima de los 1.000 m alojan una flora rica y distinta con 21 géneros y 86 especies. En esta contribución haremos énfasis en los usos de las palmeras andinas. Pese a que nuestro conocimiento sobre taxonomía y distribución de palmeras neotropicales ha sido incrementado en forma significativa durante la pasada década desde que ese estudio ha sido realizado, incluimos un panorama actualizado sobre la diversidad y distribución de palmas andinas. Como en el estudio de Moraes *et al.* (1995) también consideramos a todas las especies de palmeras encontradas en montañas andinas por encima de los 1.000 m de altitud, un área que se extiende en más de 4.000 kilómetros desde Venezuela en el norte atravesando Colombia, Ecuador y Perú hasta Bolivia en el sur. No tomamos en cuenta a las palmeras montanas de Centro América, ni de la Cordillera de la Costa de Venezuela, ni las tierras altas de Guayana u otros rangos montanos neotropicales. La clasificación a nivel de especie sigue a Govaerts & Dransfield (2005). La información sobre distribución de especies es mayormente basada en Henderson *et al.* (1995) con datos suplementarios de Borchsenius *et al.* (1998), Moraes (2004a) y publicaciones originales de taxa recientemente descritas. La información sobre usos ha sido compilada de un amplio rango de fuentes, como son citadas en el texto. Referencias importantes estándar incluye Balick & Beck (1990; bibliografía global de usos de palmeras), Perez Arbelaez (1956; Colombia), Galeano & Bernal (1987; Antioquia-

Colombia), Borchsenius *et al.* (1998; Ecuador), Brack Egg (1999; Perú) y Moraes (2004a, b; Bolivia). Varios usos de palmeras andinas también son citadas en Henderson *et al.* (1995). Información detallada sobre usos de palmeras andinas del Ecuador, documentada por etiquetas de especímenes o referencias bibliográficas y extraida de una base de datos sobre palmeras ecuatorianas (www.palmbase.org) también es una parte importante de la base de documentación para este estudio.

Diversidad de palmeras en los Andes

De acuerdo a nuestro conocimiento actual hay 24 géneros y 109 especies de palmeras que se encuentran en la región andina (Tabla 1). Esto corresponde al 37% de los 65 géneros y el 15% de las 715 especies de palmeras listadas para las Américas por Govaerts & Dransfield (2005). La mayoría de los géneros representados en los Andes tienen su centro de diversidad fuera de esa región, pero siete géneros poseen más de 2/3 de sus especies en la región andina y cuatro géneros (*Aiphanes*, *Ceroxylon*, *Parajubaea* y *Wettinia*) tienen su centro andino de distribución. El género *Parajubaea* es estrictamente endémico a la región andina. Once géneros tienen un rango altitudinal promedio de 1.000 m o mayor y todos ellos alcanzan su máxima altitud hasta los 2.000 m ó más (Fig. 1A). Los restantes 13 géneros tienen todos un rango altitudinal promedio bajo 1.000 m y se encuentran solo por debajo los 1.800 m. Una disminución estable de la riqueza total de especies se observa al incrementar la altitud (Fig. 1B). El límite superior para las palmeras en los Andes es de 2.800-3.000, pero también con registros ocasionales de mayores altitudes: *Parajubaea torallyi* a 3.400 m en Bolivia (Moraes 2004b); *Ceroxylon parvifrons*, 3.200-3.500 m en Ecuador (especímenes A. Alvarez 1271 [QCNE], C. Cerón 4840 [AAU]).

La mayoría de las especies de palmeras andinas se encuentra en los Andes del norte, particularmente en Colombia y Ecuador, mientras que la cifra de especies declina hacia ambos extremos de la región (Figura 2). El mayor número de especies se da en los Andes de Colombia, que además tiene la mayor área de bosques húmedos montanos, seguida por Ecuador, Perú, Venezuela y luego Bolivia. Veinte especies de palmeras andinas son endémicas a Colombia, nueve a Ecuador, siete a Perú y tres a Bolivia. El análisis de los patrones de distribución de las palmeras andinas muestra que casi las mismas proporciones están restringidas en las laderas oeste y este de los Andes: 39 y 40 especies respectivamente, mientras que las 30 especies remanentes son transandinas. La elevada proporción de especies que se restringen a las laderas oeste parece reflejar una fuerte conexión entre la flora de palmeras de los Andes y la denominada región centroamericana de palmeras *sensu* Henderson *et al.* (1995), incluyendo Centro América y las tierras bajas pacíficas de Colombia y N Ecuador.

Géneros de palmeras andinas y sus usos

A continuación presentamos un detalle sobre el uso de las palmeras andinas, de acuerdo a todos los géneros andinos y 42 especies que reportan diferentes categorías de aprovechamiento local o hasta regional. Los géneros son listados en orden alfabético y se detallan datos sobre las especies andinas, su estado de conservación, sus usos y otros detalles de aprovechamiento en la región andina.

Acrocomia

Acrocomia contiene dos especies, una de las cuales – *A. aculeata* – precisamente alcanza a los Andes en el NE de Colombia. Esta especie se encuentra desde Centro América hasta Bolivia y se encuentra mayormente en regiones secas estacionalmente a bajas altitudes. Es una especie con numerosos usos (ver Perez Arbelaez 1956,

Tabla 1: Géneros de palmeras andinas. Se refiere el total de especies conocidas por género, el total de especies que pertenecen a la región andina, el porcentaje de representación en los Andes y el rango altitudinal.

Género	Total spp.	Andes spp.	Andes spp.%	Rango altitudinal (m)
Acrocomia	2	1	50	0-1.200
Aiphanes	26	21	81	0-2.800
Asterogyne	5	1	20	0-1.100
Attalea	67	1	1	0-1.600
Bactris	79	3	4	0-1.700
Ceroxylon	11	11	100	800-3.500
Chamaedorea	90	7	8	0-2.800
Cryosophila	9	1	11	0-1.200
Dictyocaryum	3	1	33	200-2.000
Euterpe	11	3	27	0-2.500
Geonoma	65	17	26	0-3.200
Hyospathe	6	6	100	0-2.100
Iriartea	1	1	100	0-1.300
Oenocarpus	9	1	11	0-1.400
Parajubaea	3	3	100	1.700-3.400
Pholidostachys	4	2	50	0-1.500
Phytelephas	6	2	33	0-1.500
Prestoea	10	5	50	0-2.500
Socratea	5	2	40	0-1.800
Syagrus	39	2	5	0-1.500
Synechanthus	2	1	50	0-1.200
Trithrinax	3	1	33	0-2.000
Welfia	1	1	100	0-1.500
Wettinia	21	15	71	0-2.600

Balick & Beck 1990, Balick 1990): frutos comestibles, aceite de las semillas, fibras de las hojas, madera para la construcción de viviendas y vino fermentado de una savia dulce obtenida de individuos caidos. En Bolivia se ha destacado ampliamente esta especie por los usos múltiples para varios pueblos originarios (Vásquez & Coimbra 2002): *"consumían la pulpa dulce de los frutos; del endosperma extraían aceite para uso culinario o lo comían directamente crudo o tostado; las hojas tiernas y cocidas para palmito; del interior del tallo sacaban una especie de harina para preparar pan y de esa harina – mezclada con agua y fermentada – obtenían una bebida alcohólica; con las hojas maceradas se hacían sogas; las espinas se usaban como grapas para hacer envases con las hojas de plátano y las pinnas como forraje para ganado equino; también uso ornamental"*. Su importancia en la región andina debe ser por lo tanto descrita como marginal.

Aiphanes

Aiphanes es uno de los géneros de palmeras andinos más prominente. Consiste de 25 especies (Borchsenius & Bernal 1996, Bernal 2001, Galeano & Bernal 2002; Ceron & Bernal 2004, Niño *et al.* 2005) distribuidas en las

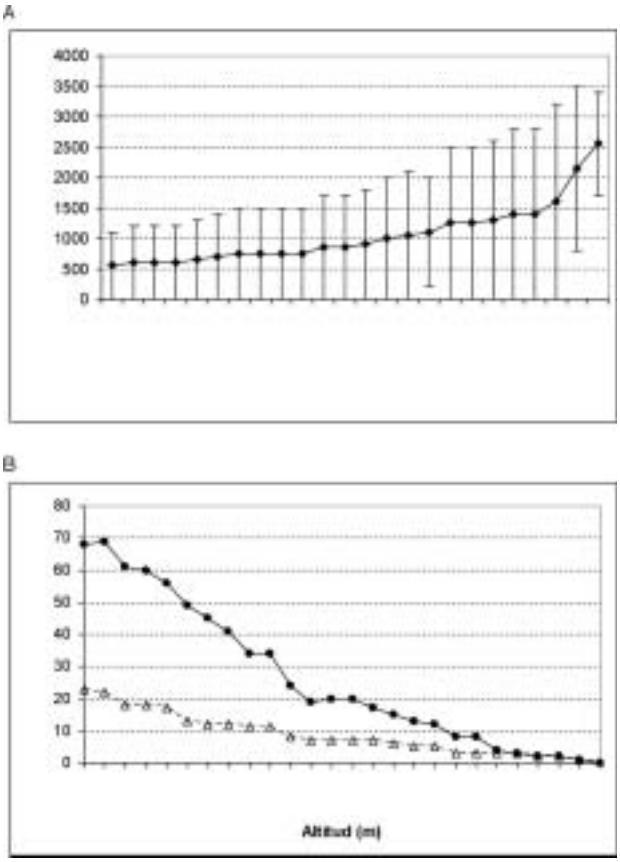


Fig. 1: Distribución de los géneros y especies de palmeras en los Andes en relación a la altitud. A: Rangos altitudinales para los 24 géneros de palmas representadas en la región andina categorizadas de acuerdo a su altitud media. B: Número de géneros y especies de palmeras que se encuentran en diferentes altitudes.

montañas andinas y áreas adyacentes desde Venezuela y Panamá en el norte hasta Bolivia en el sur. Además, una especie se encuentra en las Antillas Menores. Es uno de los solo cuatro géneros de palmas cuyo centro de diversidad se localiza en la región andina con 20 especies. Sus miembros son fácilmente reconocibles por la presencia de feroces y aguzadas espinas virtualmente en todas las partes de la planta, combinadas con pinnas irregularmente dentadas en el ápice y a menudo claramente con una silueta en forma de cuña, semejando la cola de un pescado. Mayormente son palmas del sotobosque de tamaño pequeño a mediano de bosques húmedos y montanos, donde generalmente se encuentran en densidades bajas (Borchsenius & Bernal 1996). Muchas especies son consideradas amenazadas o vulnerables debido al clareo y fragmentación de sus hábitats (Borchsenius & Skov 1999, Galeano & Bernal 2005).

Pese a la elevada diversidad de *Aiphanes* en los Andes son pocos los usos reportados. *Aiphanes horrida* [syn: *A. aculeata, A. caryotifolia*] – distribuida mayormente desde Venezuela hasta Colombia y del centro de Perú hasta Bolivia a bajas altitudes y alcanzando 1.700 m en los Andes de Colombia y Perú – es

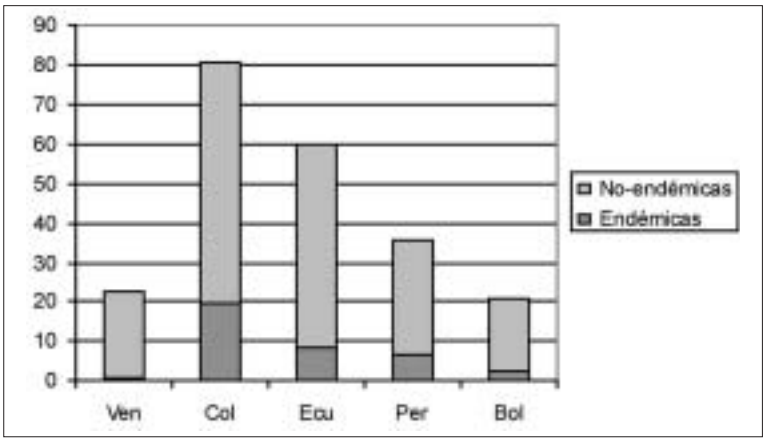


Fig. 2: Especies de palmeras andinas por país.

a veces plantada como palmera ornamental. También tiene frutos y semillas comestibles (Perez Arbelaez 1956, Brack Egg 1999). El mesocarpo es rico en aceites y tiene un elevado contenido en beta carotenos, precursor de la vitamina A (44 mg/100g de mesocarpo fresco, Balick & Gershoff 1990) y las nueces de esta especie son a veces comercializadas en los mercados callejeros de Quito (Borchsenius *et al.* 1998). Las semillas tienen el contenido en aceite de 37% del cual el 63% corresponde a ácido láurico (Brack Egg 1999). Los frutos de esta especie son también fuente de alimento para el guácharo (*Steatornis caripensis*; Snow & Snow 1978). Los frutos de *A. deltoidea* son asimismo comidos en Perú (Burret 1932). El uso de especies de *Aiphanes* destinado a materiales de techado y para plataforma de piso ha sido reportado de la región del Chocó en Colombia (Duke 1970), pero se desconoce a cuál especie corresponde actualmente y si esa práctica todavía se da en la región andina del W de Colombia. Van der Eynden (2004) notó que el palmito de *A. grandis* – una especie endémica amenazada de Ecuador (Figura 3a) – es comido y que sus semillas fueron trituradas y cocinadas con azúcar de caña para formar una pasta de consistencia de turrón. Este mismo autor también reportó que los frutos de *A. verrucosa* – endémica al bosque montano del S de Ecuador hasta 2.800 m de altitud – son comidos y que sus hojas son utilizadas para techado. El palmito de todas las especies de *Aiphanes* son comestibles según nuestra experiencia, pero aparentemente son rara vez apreciados probablemente debido a su menor talla y a la baja densidad de la mayoría de las especies.

Asterogyne

Una sola especie se encuentra en la región andina, *A. martiana*. Es una palmera pequeña de sotobosque que se distribuye desde Centro América y W de Sud América, mayormente a bajas altitudes, pero alcanzando los 1.100 m en los Andes del NW de Colombia. Por su durabilidad sus hojas son muy apreciadas para techado (Galeano & Bernal 1987). Sin embargo, considerando su área geográfica la importancia de esta especie es limitada en la región de los Andes.

Attalea

Attalea contiene 67 especies distribuidas en áreas de tierras bajas húmedas a semiáridas del neotrópico. Dos especies se encuentran en los Andes. *Attalea amygdalina* es una palmera de talla mediana endémica a la parte central

del Valle del Cauca en Colombia a 1.000-1.600 m de altitud. Su área de distribución coincida ampliamente con la mayor zona de cultivo de café en Colombia y por lo tanto poco se ha dejado de su hábitat natural. Por consiguiente, la especie es clasificada como amenazada de acuerdo a los criterios de la UICN (Galeano & Bernal 2005). Sus semillas son comestibles y pueden ser usadas para producción de aceite (Perez Arbelaez 1956). Son comercializadas a escala local. Además las hojas son ocasionalmente usadas para los desfiles de Pascua o para techado. Se ha estimado que esta especie tiene un elevado potencial para uso como ornamental (Galeano & Bernal 2005). *Attalea phalerata* que mayormente se distribuye en las tierras bajas de 150-400 m, llega también hasta las montañas andinas de Brasil, Perú y Bolivia hasta los 1.100 m (ocasionalmente cultivada hasta los 1.700 m). Es una especie de uso múltiple en Bolivia: material para construcción, alimento, cosmética y medicinal; las hojas son utilizadas para techado de duración corta para viviendas rústicas, el grupo de nervios centrales de las hojas es usado como escoba (Figura 3b) y las pinnas foliares son tejidas en abanicos, canastas y esteras; las cenizas de la bráctea peduncular

a

b

Fig. 3: a: *Aiphanes grandis*. Esta especie endémica de las laderas occidentales de los Andes de Ecuador produce palmito comestible, así como inflorescencias inmaduras y frutos que son usados para diversas preparaciones. Foto: F. Borchsenius, provincia El Oro, Ecuador. b: *Attalea phalerata.* Escoba elaborada de los nervios centrales de las pinnas. Foto: M. Moraes, provincia Nor Yungas, Bolivia.

son usadas como lejía para masticar con hojas de coca; el mesocarpo carnoso y dulce es comestible y vendido en mercados locales; el aceite extraido de los frutos es utilizado como aceite y tónico para el cabello o para reducir la fiebre (Moraes *et al.* 1996). Estos autores plantearon que esta especie es apropiada para consumo humano como aceite vegetal por sus elevadas proporciones en aceites oleico y láurico. El palmito es comestible y la especie es usada como planta ornamental de plazas, viviendas y avenidas (Moraes 1993).

Bactris

Con 79 species, *Bactris* es el segundo género mayor en el neotrópico. Como en el género anterior, se distribuye mayormente en áreas de tierras bajas y solo tres especies se encuentran en la región andina. Entre éstos hay una de las especies más ampliamente cultivadas en las Américas, como es la palmera domesticada *B. gasipes* (pejibaye, chonta duro, tembé, pupuña) que produce frutos comestibles para consumo local y el palmito para procesamiento industrial y de exportación. El tronco y el leño de esta especie son utilizados para tallar jalones y pisos de viviendas, artesanías, trampas para pesca, lanzas y teclas de marimba (Clement & Mora-Urpí 1987, Mora-Urpí *et al.* 1993, Borchsenius *et al.* 1998). También se ha reportado uso medicinal: raíces cocidas son tomadas para curar diarrea (etiqueta de R. Marles #43, MO). *Bactris gasipaes* es plantada a altitudes mayores de los 1.300 m en los Andes, pero desde luego es mucho más importante en áreas de tierras bajas. Una compilación concisa de detalles concernientes a sus usos y valor nutricional fue realizada por Brack Egg (1999). La forma nativa de *B. gasipaes* – descrita como var. *chichagui* (syn. *Bactris macana*) – se distribuye en la región andina y áreas adyacentes de Colombia, W Ecuador, Perú y Bolivia alcanzando 1.500 m de altitud en Colombia. Tiene frutos más pequeños que la forma domesticada (var. *gasipaes*) y son usadas solo en escalas limitadas. La mayor importancia de esta forma se fundamente en su potencial como fuente génica en programas de reproducción de la var. *gasipaes*.

Dos especies adicionales de *Bactris* se encuentran en la región andina – *B. setulosa* y *B. corossilla* – alcanzando 1.700 y 1.400 m de máxima altitud, respectivamente. Ninguna tiene mayor importancia, pero pocos usos han sido citados para ambas en Ecuador (Acosta-Solís 1971, Borchsenius *et al.* 1998, Van der Eynden 2004), incluyendo frutos y palmito comestibles, así como los troncos usados jalones de viviendas o para elaborar lanzas y teclas para marimbas. En varios pueblos y ciudades tropicales de Bolivia – por ejemplo en la zona de los Yungas – se cultiva a esta especie como planta ornamental (Moraes 2004b).

Ceroxylon

Ceroxylon es endémico a las montañas andinas y uno de los géneros más importantes de esa región. El género incluye 11 especies (Galeano 1995, Henderson *et al.* 1995), distribuidas a 800-3.300(-3.500) m de altitud y a menudo son árboles dominantes del dosel en bosques húmedos montanos. Varias especies tienen rangos geográficos estrechos y luego sus poblaciones se someten a un elevado grado de fragmentación debido a la deforestación y conversión de tierras. En el estudio de Borchsenius & Skov (1999) tres especies y una subespecie endémicas a Ecuador de *Ceroxylon* fueron clasificadas como vulnerables (V) de acuerdo a los criterios de la UICN. Una de éstas, *C. amazonicum*, ha sido reasignada como amenazada (Valencia *et al.* 2000). Para Colombia, Galeano & Bernal (2005) consideraron que una especie endémica a ese país (*C. sesaimae*) está críticamente amenazada, mientras dos especies y una subespecie son amenazadas. Por lo menos dos especies adicionales del género – *C. weberbaueri*, endémica a Perú – y *C. ceriferum* – compartida por Venezuela y Colombia – podrían llegar a

tener una situación crítica, sin embargo se carece de conocimiento respecto a su estado de conservación actual.

Las palmeras de *Ceroxylon* se encuentran entre los árboles de mayor talla del mundo con troncos de hasta 60 m de alto (*C. quindiuense*, Henderson *et al.* 1995, Galeano & Bernal 2005). A menudo forman grupos monoespecíficos que consisten en cientos de individuos. La naturaleza impresionante de esos sitios ha captado la atención de naturalistas y exploradores europeos del siglo XXVIII, asignándoles un estado casi legendario. Los sitios más famosos son los macizos parajes de *C. quindiuense* – árbol nacional de Colombia – de la parte central del país. Los mecanismos ecológicos detrás de la mono-dominancia de palmeras en los bosques andinos no han sido todavía investigados, pero podrían proveer de una importante contribución para nuestra comprensión los principios básicos que gobiernan la competencia interespecífica bajo diferentes circunstancias ecológicas.

Durante siglos las especies de *Ceroxylon* fueron la mayor fuente de cera para elaborar velas y otros productos. La cera se presenta en una capa fina tanto en troncos como en la superficie inferior de las hojas. Cuando es extraida, la cera es raspada con un cuchillo y luego la masa es derretida. De acuerdo al diccionario Webster (1913) la cera derivada de *Ceroxylon alpinum* (como *C. andicola*) consiste en dos tercios de resina y un tercio de cera, el cual al ser derretido con un tercio de grasa produce excelentes velas. Este producto tuvo importancia local, pero también alcanzó a mercados mundiales. Así, la bibliografía de Balick & Beck (1990) incluye a 25 referencias sobre usos de las palmeras de *Ceroxylon* desde el periodo 1831-1945. Las especies productoras de cera más frecuentemente citadas son *C. alpinum* ssp. *alpinum* (bajo los sinónimos de *C. andicola* y *C. ferrugineum*) y *C. ceriferum* (bajo el sinónimo de *C. klopstockia*). En 1946, las estadísticas de Colombia mostraron una valuable exportación de cera a Francia (Perez Arbelaez 1956). Poisson (1904) plantea el punto de fusión de la cera de *Ceroxylon* a 72°C [Balick & Beck (1990) cita esa figura como 72 °F, correspondiente a solo ca. 22 °C, pero debe haber un error, porque la cera de palma es renombrada debido a su elevado punto de fusión, en comparación con la cera de abejas que se derrite alrededor de 62°C]. Para comparar, la cera de carnauba extraida de otra especie de palmera de las tierras bajas de Brasil – *Copernicia cerifera* – se derrite a 80-86°C, dependiendo de la porción de la hoja donde la cera es extraida y la edad del árbol (ver http://www.multiceras.com/applications/carnauba.htm). La cera de carnauba es todavía ampliamente utilizada para una variedad de pulimentos, cremas, cosméticos y velas, mientras que la cera de *Ceroxylon* ha pasado al olvido.

Actualmente las palmas de *Ceroxylon* son mayormente usadas para propósitos ceremoniales. Las hojas jóvenes son recolectadas como las ramas benditas para domingo de ramos en procesiones católicas de Pascua (Figura 4). La tradición conmemora la entrada de Jesús a Jerusalén cuando la multitud lo ovacionaba agitando hojas de palma y tapizando su camino con ellas. Esta tradición ha sido mencionada ya por Pittier (1926) en Venezuela. Cada año miles de hojas de palmeras – mayormente de *Ceroxylon* – son cosechadas y vendidas para este propósito. Desafortunadamente, la cosecha no está bien manejada y en muchas áreas se ha observado un severo impacto negativo sobre poblaciones naturales. Las palmeras adultas de *Ceroxylon* tienen un tronco alto y la forma más efectiva para cosechar sus hojas es haciendo caer completamente al árbol, como ha sido observado en el E de los Andes en Ecuador (K. Paredes, com. pers. 2005). En otros casos, las hojas inmaduras son cosechadas de individuos juveniles que todavía no han desarrollado un tronco. Estas palmeras producen aproximadamente dos hojas nuevas por año, que son repetidamente cosechadas en tiempos de Pascua, ocasionando la disminución de la

Fig. 4: Desfile durante el Domingo de Ramos con hojas de *Ceroxylon*, en Colombia. Foto: H. Borgtoft.

corona de hojas y finalmente la muerte del individuo si esto se practica consecutivamente durante varios años (R. Bernal, com. pers. 2005).

Usos menores registrados de *Ceroxylon* incluyen a los siguientes: Los frutos son buenos para alimentar cerdos (Perez Arbelaez 1956, Borchsenius *et al.* 1998). Los troncos son usados como postes; las hojas son usadas para forraje y techado; la parte basal del pedúnculo de inflorescencias inmaduras es comestible, cocinado y mezclado con otros vegetales (Borchsenius *et al.* 1998, Moraes 2004a). Los frutos de *C. echinulatum* en el S de Ecuador son comidos, tostados o cocidos; también son comidos los frutos de *C. vogelianum* (Van der Eynden 2004). Las hojas seccionadas y superpuestas de de *C. parvifrons* son utilizadas en Bolivia para techado (Moraes 2004b).

Chamaedorea

Con 90 especies, *Chamaedorea* es el género mayor de todas las palmeras neotropicales. Sin embargo, la mayoría de las especies se encuentran en Centro América. Generalmente son palmeras pequeñas del sotobosque en el bosque húmedo siempreverde, pero unas pocas especies alcanzan la talla de árboles bajos con troncos mayores a 10 m y 8-10 cm de diámetro. Todas las especies son dioicas. Siete especies de *Chamaedorea* se encuentran en la región andina y el género es cuantitativamente importante en la flora de palmeras andinas. Cinco de las especies andinas se encuentran desde Centro América hasta el N de Colombia, mientras que dos especies – *C. linearis* y *C. pinnatifrons* – se encuentran a lo largo de toda la extensión de los Andes, alcanzando los 2.800 m de altitud en Colombia, 2.400 m en Ecuador y 1.300-1.600 m en Bolivia.

Pese a su abundancia, las palmas de *Chamaedorea* no son muy usadas en la región andina. En el caso de las especies más pequeñas, incluyendo a *C. pinnatifrons* con troncos de solo unos pocos centímetros de diámetro, la parte inferior del tronco junto a las raíces adventicias es utilizada para preparar un escobilla para revolver chocolate y otras bebidas; de ahí su denominación como molinillo. Además, Perez Arbelaez (1956) mencionó el uso de especies de *Chamaedorea* (caña de San Pablo) contra picaduras de víboras.

Cryosophila

Una especie del género, *C. kalbreyeri*, llega a la región andina. Se encuentra en el bosque pluvial de tierras bajas en el E de Panamá y NW de Colombia, alcanzando un máximo de 1.200 m de altitud. Su importancia es por consiguiente marginal en la región de los Andes. Sus hojas han sido tradicionalmente apreciadas para la elaboración de escobas (por ello se la conoce en Colombia como palma escoba) y hasta 1980 fue la base de actividades comerciales en la región de Urabá (Galeano & Bernal 1987, 2005). También se estima tener un elevado potencial para uso ornamental.

Dictyocaryum

Dictyocaryum consiste de tres especies que se encuentran mayormente a altitudes medias de las áreas montañosas del N y W de Sud América (Henderson 1990). *Dictyocarym fuscum* se distribuye en la Cordillera de la Costa de Venezuela; *D. ptarianum* se encuentra en las tierras altas de las Guayanas; y *D. lamarckianum* está en los Andes desde Colombia hasta Bolivia con extensiones hacia el E de Panamá y en la Cordillera de Mérida en Venezuela. En forma interesante, pequeñas y aisladas poblaciones de *D. ptarianum* se encuentran bajo los 300 m de altitud en la región amazónica oeste. Fuera de esto, las especies de *Dictyocaryum* son típicamente palmeras de montaña y *D. lamarckianum* es a menudo localmente dominante en los bosques de los Andes en áreas con elevada precipitación y usualmente ocupando intervalos altitudinales muy estrechos. En el NW de Colombia la especie domina a 800-1.000 m de altitud; en Ecuador a 1.100-1.700 m; en Bolivia a 1.000-1.800 m. Pese a su abundancia local pocos usos han sido registrados de *D. lamarckianum*. El pueblo originario Emberá del NW de Colombia usa los troncos abultados para enterrar a sus muertos; una adecuada longitud del tronco es cortada y luego se raspa la superficie suave interna dejando solo la superficie dura externa (Galeano & Bernal 1987). Se dice que los frutos tienen un delicioso sabor a endocarpo [probablemente el endosperma] y la palmera es plantada como árbol ornamental (Romero Castañeda 1969 cit. en Balick & Beck 1990). Las semillas se usan como prácticas para contar por los jóvenes y los troncos son usados para postes de vallas o cercas, que se dice duran hasta cuatro años (Borchsenius *et al.* 1998). En el S de Ecuador la inflorescencia inmadura es comida, formando un ingrediente importante en el plato tradicional *fanesca*, que es un guisado cremoso y rico acompañado con palmito desmenuzado, huevos duros, queso, pescado y ajíes (Van der Eynden 2004). También el palmito es comestible (Moraes 2004a).

Euterpe y *Prestoea*

Euterpe incluye a 11 especies que están desde Centro América, las Antillas Menores hasta partes húmedas de Sud América en el sur de Bolivia y SE de Brasil. *Prestoea* consiste de 10 especies, distribuidas en un área más limitada desde Centro América hasta Bolivia a lo largo de los Andes. Además, una especie se encuentra en las Antillas, una en Trinidad-Tobago y una en el S de Venezuela. Ambos géneros son monofiléticos y difieren en la inflorescencia y en caracteres florales (Henderson & Galeano 1996). Sin embargo, respecto a sus usos comparten varias propiedades que son convenientemente discutidas juntas. Tres especies de *Euterpe* y cinco de *Prestoea* se encuentran en los Andes.

Las especies de *Euterpe* y *Prestoea* son ampliamente usadas como fuente para palmito. Todas las especies tienen palmito comestible, pero mayormente son tres las que han sido explotadas a gran escala comercial. Éstas incluyen a *E. edulis*, distribuida en la formación de Mata Atlántica del SE de Brasil; *E. oleracea*, de tierras bajas de las Guayanas, N de Brasil y a lo largo de la costa del Pacífico del W de Sud América (Colombia-Ecuador) y la

ampliamente distribuida en las montañas – *Prestoea acuminata* – que se encuentra en las Antillas, Centro América y en la región de los Andes a altitudes de hasta 2.600 m (Figura 5a). En Ecuador *P. acuminata* fue antes cosechada en grandes cantidades para industrias enlatadoras basadas en la capital de Quito. La cosecha fue realizada en poblaciones naturales del bosque montano a 1.000-2.000 m de altitud (Figura 5b) y fue realizada por bases contractuales, en que los cosechadores locales fueron pagados por palmito crudo para ser enviado a la fábrica. Ningún plan de manejo para estas poblaciones naturales fue nunca implementado, pese a que estudios ecológicos sugieren que esta palmera si fuera adecuadamente manejada podría tener un elevado potencial como fuente sostenible de palmito (Bonilla & Feil 1995). La exportación total de palmito del Ecuador – basada en la extracción de manchas silvestres de *P. acuminata* y *E. oleracea* alcanzaron aproximadamente a 900 toneladas métricas en 1991, correspondiendo a un valor de cerca de $US 1.5 millones, resultando en una severa disminución de los sitios naturales de ambas especies (Pedersen 1993). El aporte de cada especie no es conocido, ya que el palmito tiene un único registro en las estadísticas de exportación. Debido a que la extracción de palmito ha sido ampliamente reemplazada por la cosecha de plantaciones de *Bactris gasipaes*, que está establecida en la mayor parte de las tierras bajas del W de Ecuador y parece haber cesado el procesamiento industrial de palmito procedente de poblaciones silvestres.

a

b

Fig. 5: a. Individuo de elevadas altitudes de *Prestoea acuminata* en crestas expuestas del sur de Ecuador. b. Palmito extraido de *P. acuminata*, cerca a Quito, Ecuador. Foto: F. Borchsenius.

La especie *Euterpe precatoria* cuenta con dos variedades: una ampliamente distribuida en la cuenca amazónica (var. *precatoria*) y la otra (*var. longevaginata*) se encuentra en las montañas andinas hasta los 2.000 m de altitud. Henderson *et al.* (1995), Borchsenius *et al.* (1998) y Moraes (2004a) mencionan los siguientes usos menores de *E. precatoria*: troncos usados para propósitos de construcción y las hojas para techado; los frutos son utilizados para preparar una bebida, son tostados y molidos para preparar una bebida similar a chocolate; y la decocción de raíces trituradas es usada para lavar el cabello – lo que previene de canas y la caida de cabello a mujeres embarazadas. En Bolivia se la reconoce mayormente con el nombre de *asaí* en las tierras bajas y palma de rosario en los Yungas, éste último atribuido a que con las semillas los Jesuitas fabricaban rosarios y luego se los comercializaba en colonias españolas y de Europa (Vázquez & Coimbra 2002). Finalmente, *Euterpe* sp. que se encuentra entre 1.600-2.000 m de altitud al W de Bolivia, ha sido recientemente registrado que se consume el palmito de esta especie (A. Araujo-Murakami, com. pers. 2006).

Geonoma

Con 65 especies, *Geonoma* es uno de los géneros más diversos de las palmeras neotropicales y uno de los más importantes a nivel cuantitativo de la región andina. Diecisiete especies, equivalentes a más de un cuarto de todas las especies en el género se encuentran por encima de los 1.000 m en los Andes. Especies importantes en el bosque montano por encima de los 2.000 m de altitud incluyen a *G. undata*, *G. weberbaueri*, *G. densa* (Figura 6a), *G. orbignyana* y *G. jussieuana* que se distribuyen a lo largo de todo el rango de los Andes desde Venezuela hasta Bolivia. Las palmas de *Geonoma* son frecuentemente usadas para techado, un uso repetidamente reportado en estudios etnobotánicos de las áreas de bosques pluviales en tierras bajas de Sud América. Las hojas de ciertas especies constituyen un material altamente durable para este propósito y son apreciadas pese a su limitado tamaño. En Colombia las hojas de *Geonoma orbignyana*. son cosechadas para decoraciones florales (Bernal 1992). Actualmente 50.000 hojas/mes son extraidas de poblaciones naturales, lo que representa la cosecha de 15.500 palmeras/mes (Rodríguez-Buriticá *et al.* 2005). De otra forma, solo usos menores han sido registrados para las especies andinas de *Geonoma*. Las hojas de *G. jussieuana* o de *G. undata* son ocasionalmente usadas para techado o material de empaque (Henderson *et al.* 1995, Borchsenius *et al.* 1998). Los troncos de *G. undata* son a veces usados para postes o asas de hachas y los frutos de esta especie pueden ser empleados como tinte negro (Borchsenius *et al.* 1998). Los troncos de *G. weberbaueri* pueden ser usados en la construcción de viviendas (Henderson *et al.* 1995). Finalmente, se ha registrado que el palmito de *G. stricta* es masticado para protegerse de dientes cariados (etiqueta de H. Balslev #4838, AAU).

Hyospathe

Seis especies son actualmente reconocidas en este género (Henderson 2004, Govaerts & Dransfield 2005), mientras que una revisión previa por Skov & Balslev (1989) aceptaron solo dos. Los desacuerdos conciernen al estado de varios segregados de la especie ampliamente distribuida *H. elegans* s.l. La última especie del género, *H. macrorachis* es una palmera muy distinta, endémica a una pequeña área de los Andes orientales de Ecuador. Dependiendo del tratamiento taxonómico, se consideran uno o más segregados endémicos de *H. elegans* en Colombia con categoría vulnerable o amenazada (Galeano & Bernal 2005). El estado de conservación de *Hyospathe macrorachis* a sido evaluado como riesgo bajo (Borchsenius & Skov 1999) o casi amenazado (Valencia *et al.* 2000). Los pueblos originarios de tierras bajas en el E de Ecuador usan hojas de *H. elegans* para

techado; ya que las consideran de buena calidad (Borchsenius *et al.* 1998). Un similar uso ha sido registrado de Perú (Brack Egg 1999). Además, se ha registrado que el pueblo amazónico Siona en Ecuador al masticar el palmito de esta especie se ennegrece los dientes y se los protege de caries (Skov & Balslev 1989). Sin embargo, este uso medicinal no ha sido confirmado por otros estudios.

Iriartea

La única especie de este género, *I. deltoidea*, se distribuye desde Centro América hasta Bolivia. Se la encuentra a lo largo de la costa pacífica de Colombia-Ecuador y también en la región amazónica occidental. Alcanza los 1.300 m en el NW de Colombia (Galeano & Bernal 1987) pero usualmente está confinada a altitudes menores a los 1.000 m, donde puede ser extremadamente abundante. Van der Eynden (2004) reporta que esta especie puede llegar a los 1.900 m de altitud en el S de Ecuador y Brack Egg (1999) anota un límite superior de 1.500 m en Perú; pero estos registros no han sido documentados por referencias de especímenes coleccionados; mientras que en Bolivia alcanza hasta los 1.400 m de altitud (Moraes 2004a). El tronco de *Iriartea deltoidea* es utilizado para la construcción de viviendas (jalones, plataformas y tablones para el piso), postes de cercas y tallado de cerbatanas, lanzas, artesanías, trampas de pesca y teclas de marimba (Borchsenius *et al.* 1998, Moraes 2004b; ver también varias referencias en Balick & Beck 1990). En el departamento del Chocó en Colombia la parte abultada del tronco es usada para habilitar ataúdes (Galeano & Bernal 1987, Henderson *et al.* 1995). El palmito es comestible, así como el endosperma inmaduro (Borchsenius *et al.* 1998, Van der Eynden 2004, Moraes 2004a). Las hojas a veces son usadas para techado, pero generalmente son consideradas de baja calidad (Borchsenius *et al.* 1998). Los frutos son un ingrediente para la bebida alcohólica rompe calzón preparada en la región de Iquitos en Perú (Brack Egg 1999). El mismo autor también reporta uso medicinal contra picaduras de víboras sin detallar cuál parte de la palma es utilizada ni cómo. El uso ritual también ha sido registrado entre pueblos originarios de los Andes orientales del Ecuador: la superficie interna de la vaina foliar es usada con iris para dar fuerza a las mujeres parturientas – cuando la hoja de palmera cae sin hacer ruido, entonces se espera que el nacimiento será fácil (etiqueta de M. Shemluck #163, ECON).

Oenocarpus

Como en el género anterior, *Oenocarpus* está mayormente distribuido en áreas de tierras bajas desde Centro América hasta Bolivia, con su centro de diversidad en el N de la región amazónica. De las nueve especies en el género, solo *O. bataua* se encuentra en la región andina. Ha sido registrada a altitudes de hasta 1.350 m en el SE de Ecuador (Borchsenius *et al.* 1998). De otra forma, su límite altitudinal ha sido usualmente registrado en los 1.000 m. Esta especie tiene numerosos usos (Balick 1979, Balick & Beck 1990, Pedersen & Balslev 1990, Henderson *et al.* 1995, Borchsenius *et al.* 1998, Brack Egg 1999, Moraes 2004a, b), siendo los más importantes sus frutos ricos en aceites; por ejemplo, en Bolivia se prepara una bebida refrescante conocida como leche de majo con ligero sabor a chocolate diluido y muy apreciada en la zona de los Yungas. De los frutos prensados y hervidos, se extrae aceite de majo; también el palmito es comestible en Bolivia (Vásquez & Coimbra 2002). Otros usos menores incluyen a los troncos usados para propósitos de construcción, las hojas para elaborar cestos de transporte y para techado y las fibras de las bases foliares para dardos de cerbatanas. El uso medicinal también ha sido registrado: raíces adventicias pueden ser usadas contra gusanos intestinales, dolores de cabeza y diarrea (etiqueta de E.W. Davis #1004, F, QCA).

Parajubaea

Parajubaea es un género endémico a las montañas andinas, que consiste de tres especies (Moraes 1996): Una distribuida en el S de Colombia y Ecuador (*P. cocoides*) y dos endémicas para Bolivia (*P. torallyi, P. sunkha*) a altitudes entre 1.700 y 3.400 m. Debido a la ausencia de formaciones naturales de *P. cocoides* en Colombia y Ecuador, Moraes & Henderson (1990) postularon que se trata más bien de un cultígeno de especies restringidas a Bolivia. Por excelencia, *P. torallyi* viene a ser un coloso de los Andes más secos, donde sus poblaciones se desarrollan sobre sustratos de areniscas casi verticales desde 2.700-3.400 m de altitud, en que recientemente ha sido creada la primera área protegida del departamento de Chuquisaca: Area Natural de Manejo Integrado El Palmar. Esta especie es conocida como palmera de Pasopaya, manzana (por el tamaño de sus frutos: 6-8.5 cm de largo por 3-5.2 cm de ancho) o más ampliamente como janchicoco (que hace alusión al proceso de masticación del endosperma para luego desecharlo). El tronco es utilizado para tallar utensilios domésticos y para la construcción de puertas y ventanas (Moraes 2004a). Sus frutos son consumidos maduros y crudos por los lugareños, aunque también es hervido con leche y canela para preparar una bebida conocida en Chuquisaca como horchata, donde sus semillas se comercializan a baja escala en los mercados tradicionales; también se elabora una bebida fermentada o chicha. *Parajubaea sunkha* – cuyo epíteto hace alusión a la fibra de las hojas – se la encuentra entre 1.700-2.200 m de altitud en valles interandinos muy fértiles (Figura 6b). Las fibras foliares son aprovechadas para varios fines: tejido de diferentes calidades de sogas y cuerdas, también son ensambladas para cojines y colchones; las hojas y foliolos son tejidas en abanicos y cestos; el palmito y las hojas son aprovechadas para forraje; los frutos son menos frecuentemente comestibles que la anterior especie de *Parajubaea*; también es plantada como árbol ornamental (Vargas 1994, Moraes 1996, 2004a). *Parajubaea cocoides* se encuentra frecuentemente como palma ornamental en valles interandinos del Ecuador y en el sur de Colombia. Su endosperma es comestible y se vende a menudo en mercados locales y a veces se ven botones fabricados del endocarpo duro (Borchsenius *et al.* 1998).

Pholidostachys

Dos especies de este género son comunes en las extensiones bajas de los Andes, desde Colombia hasta Perú. Las otras dos especies del género se restringen a áreas de tierras bajas de Centro América y el NW de Colombia. *Pholidostachys dactyloides* se encuentra en las laderas occidentales de los Andes en Colombia y Ecuador, alcanzando los 1.300 m de altitud en el NW de Ecuador (Borchsenius *et al.* 1998). En Colombia sus hojas son ocasionalmente usadas para techado y se dice que son durables (Galeano & Bernal 1987). *Pholidostachys synanthera* está en ambas laderas de los Andes a altitudes hasta los 1.800 m (SE de Ecuador; Borchsenius *et al.* 1998). Sus hojas son usadas para techado (Henderson *et al.* 1995, Brack Egg 1999), el palmito es comestible (Van der Eynden 2004) y la planta puede ser usada medicinalmente para curar quemaduras: la base del raquis es raspado y colocada en el área afectada (etiqueta de L. Ortiz #124, AAU, NY).

Phytelephas

El género de marfil vegetal – *Phytelephas* – consiste de seis especies que se distribuyen desde Panamá hasta centro de Bolivia. Dos especies se encuentran en la región andina: *P. aequatorialis* – que es endémica al W de Ecuador donde alcanza una altitud de 1.500 m en las laderas de los Andes – y *P. schottii* – que llega a similares altitudes en la Cordillera Oriental del N de Colombia (Norte de Santander; Henderson *et al.* 1995). Las semillas de ambas especies

Fig. 6: a: *Geonoma densa*, un representante de elevadas altitudes del género *Geonoma*, que se distribuye en los Andes desde Venezuela hasta Bolivia. Foto: F. Borchsenius, provincia Nor Yungas, Bolivia. b: Cosecha de la fibra de *Parajubaea sunkha*. Foto: M. Moraes, provincia Vallegrande, Bolivia.

constituyen una fuente importante de marfil vegetal para tallar botones y otros artefactos (Acosta-Solís 1944, Perez Arbelaez 1956, Barfod 1989, Barfod *et al.* 1990, Pedersen 1993). Los botones de marfil vegetal o de *tagua* fueron alguna vez un producto mayor de Colombia y Ecuador. En la última mitad del siglo XXVIII la tagua fue uno de los cinco productos más importantes de exportación en Colombia (Bernal & Galeano 1999) y uno de los cinco más importantes productos del bosque en Ecuador (Acosta-Solís 1944). En Colombia la producción comenzó a declinar en los 1920 y luego desapareció en 1935. En Ecuador la producción tuvo su mayor pico en 1929 donde las exportaciones totalizaron hasta 25.000 toneladas métricas a un valor de más de $US 1.2 millones (correspondientes a más de $US 15 millones en precios actuales). Después de la segunda guerra mundial, la producción declinó pero la industria nunca desapareció completamente (Barfod *et al.* 1990). Durante las últimas décadas se ha generado un crecimiento renovado. El valor de los productos de marfil vegetal han totalizado hasta $US 4.2 millones en Ecuador durante 1991 (Pedersen 1993) y parece seguir subiendo en forma sostenida. Los principales productos son pequeñas figuras vendidas como recuerdos o souvenirs. En Colombia la explotación comercial de *P. schottii* se centra en el pueblo de tierras altas de Chiquinquirá en el departamento de Boyacá de la Cordillera Oriental (Barfod 1989). En Ecuador, la explotación comercial se da mayormente en las tierras bajas costeras (provincia de Manabí y Esmeraldas), pero la

sistemática cosecha de las semillas se da hasta los 1.400 m en las laderas occidentales de los Andes (Pedersen 1993).

Otros usos de las palmeras de *Phytelephas* son (Borchsenius *et al.* 1998, Brack Egg 1999): Hojas utilizadas para techado y a veces comercializadas para ese propósito; endosperma inmaduro comestible y también útil como cebo para la pesca o para trampas de roedores; las fibras son de los pecíolos y varios usos medicinales misceláneos (Perú).

Prestoea

Este género es discutido junto a *Euterpe*.

Socratea

Socratea incluye cinco especies (Henderson 1990), dos de las cuales se encuentran en la región andina. *Socratea rostrata* se distribuye en las laderas orientales de los Andes desde el C de Colombia hasta el S de Ecuador a 800-1.500 m de altitud, mientras que la morfológicamente similar *Socratea montana* está en las laderas occidentales desde el N de Colombia hasta el C de Ecuador a 900-1.800 m. Algunos autores (Borchsenius *et al.* 1998) han planteado que estas dos especies junto a *S. hecatonandra* (una especie endémica a las tierras bajas pacíficas de Colombia-Ecuador estrechamente distribuida) deberían ser consideradas como un solo taxón. Los mayores usos registrados de *Socratea* se refieren a las especies de tierras bajas, especialmente de *S. exorrhiza* – ampliamente distribuida y a menudo abundante – pero muy pocos de ellos han sido reportados para la región andina. Las raíces fúlcreas espinosas se usa como raspador para plátanos verdes; los troncos son usados para postes, pisos, puentes y plataformas; y las semillas inmaduras son comidas (Borchsenius *et al.* 1998, Moraes 2004b). Las secciones externas de los troncos divididos son utilizadas para construcción y el palmito es comestible (Henderson *et al.* 1995).

Syagrus

Syagrus consiste de 39 especies, pero solo dos están representadas en la región andina: *S. sancona* y *S. cardenasii*. De otro modo, el género se encuentra mayormente en bosques secos y en áreas de sabana de Sud. Pocos usos de *S. sancona* han sido registrados: Los troncos son usados para postes de vallas y para conducción de agua (Henderson *et al.* 1995). Los endocarpos son usados para elaborar collares y son vendidos como souvenirs (Borchsenius *et al.* 1998). El endosperma inmaduro es comestible (Brack Egg 1999). *Syagrus cardenasii* (denominado *corozo*) – que mayormente se distribuye en tierras bajas del C de Bolivia de 360-550 m de altitud – también se extiende hasta la Cordillera Oriental de Bolivia entre 1.000-1.450 m, junto a matorrales más secos del bosque tucumano-boliviano (Moraes 2004a).

Synechanthus

Synechanthus warscewiczianus se distribuye desde Centro América hasta el W de los Andes en Ecuador, alcanzando 1.200 m de altitud en las laderas occidentales de Colombia. En el W de Ecuador se han registrado solo unos pocos usos de esta especie (Borchsenius *et al.* 1998). Los frutos son comestibles cuando son hervidos. El pueblo originario Tsachila cercano a Santo Domingo de los Colorados usa las hojas para teñir telas de negro, luego son maceradas y mezcladas con agua dejando la tela durante la noche.

Trithrinax

Este género contiene tres especies más bien restringidas a áreas más xéricas en Brasil, Bolivia, Argentina y Paraguay. Una especie asciende a las últimas estribaciones andinas de la Cordillera Oriental en Bolivia desde 450-1.950 m de altitud y de acuerdo a las consideraciones en este trabajo también se trata de un taxón marginal: *T. schizophylla* que ocupa

bosques del Gran Chaco y del Chaco serrano (Moraes 2004a). En Bolivia se la conoce como palma de sao de cuyas hojas tiernas se entretejen grandes sombreros que son muy utilizados durante las épocas de zafra de azúcar por su amplio diámetro de hasta 1.5 m; los lugareños también tejen pequeñas bolsas, abanicos y otras artesanías. Esta planta también es cultivada como árbol ornamental en plazas y jardines.

Welfia

Welfia regia, que es la única especie del género, se distribuye desde Centro América hasta el W de los Andes montanos en Ecuador. Es más común en áreas de tierras bajas con elevada precipitación, pero alcanza los 1.500 de altitud en las laderas occidentales andinas (Henderson *et al.* 1995). Pocos usos han sido registrados de esta especie. Las hojas a veces son utilizadas para techado (Duke 1970) y los troncos son usados para construcción de viviendas en áreas costeras, porque son resistentes a podrirse cuando se sumergen en agua salada (Henderson *et al.* 1995). El palmito es comestible (Allen 1965, Williams 1981). Ningún uso ha sido registrado específicamente para la región andina.

Wettinia

Wettinia consiste de 21 especies y es uno de los únicos cuatro géneros de palmeras que tienen su centro de diversidad en la región de los Andes. Quince especies de *Wettinia* se encuentran a altitudes por encima de los 1.000 m en los Andes, a menudo en poblaciones muy densas. Siete especies llegan a altitudes de 2.000 m o más. Cierto número de especies tienen rangos bien estrechos y como para otros géneros de palmeras andinos – como *Aiphanes* y *Ceroxylon* – las poblaciones tienden a ser fragmentadas y bajo continua presión por actividades humanas resultando en la destrucción de hábitats. Dos especies endémicas a Colombia y dos endémicas a Ecuador son consideradas vulnerables (Galeano & Bernal 2005, Borchsenius & Skov 1999).

Pese a la elevada diversidad y a menudo gran abundancia de las palmeras de *Wettinia* en los Andes solo algunos usos han sido registrados. Los troncos de muchas especies son utilizados para postes y vallas, mientras que poblaciones de al menos una especie – *W. kalbreyeri* – parecen haber sido negativamente afectadas por esas prácticas (Henderson *et al.* 1995). Los troncos son también usados en construcción de viviendas (Borchsenius *et al.* 1998), tanto para postes o divididos en tablones y usados para techo, cercas y pisos (Acosta-Solís 1971). El tronco de *W. hirsuta* y de otras especies es también usado para tallar cerbatanas y lanzas para pescar (Henderson *et al.* 1995, Galeano & Bernal 2005).

Conclusiones

Este estudio confirma que los Andes alojan a una rica y única flora de palmeras, caracterizada por una elevada diversidad y numerosos taxa endémicos o subendémicos. La riqueza de especies muestra una clara relación negativa con la altitud y muchos géneros están representados solo a altitudes por debajo los 1.500 m. Sin embargo, 14 géneros y 47 especies alcanzan más que 1.500 m, mientras que 8 géneros y 24 especies alcanzan altitudes por encima de 2.000 m. También se percibe una clara tendencia latitudinal en que el número de especies disminuye mientras se aleja de la línea ecuatorial.

Las palmeras andinas son utilizadas para una variedad de propósitos y para todos los géneros representados en los Andes considerados tienen usos registrados para sus especies andinas. Los dos géneros con mayor número de especies utilizadas son *Ceroxylon* y *Geonoma*, con cinco especies, mientras que con dos especies se tiene a siete géneros: *Aiphanes, Bactris, Parajubaea, Pholidostachys, Phytelephas, Syagrus* y *Wettinia*. Diecisiete géneros (71%)

producen algunos productos de alimento, más comúnmente palmito (9), frutos comestibles (8) o semillas comestibles (6) o aceite extraido del fruto (4). Un número similar de géneros son aprovechados para propósitos de construcción, incluyendo techado (11), construcción de viviendas (10) o postes de vallas (7). Doce géneros (50%) proveen de materiales para elaborar algún tipo de artesanía, más comúnmente utensilios de cocina o domésticos (6), herramientas de caza o pesca (4), instrumentos musicales (2) y trabajos artísticos (2). Notablemente en la última categoría está el uso de semillas de *Phytelephas* para tallar figuras y otros trabajos de arte, una industria de significativa importancia económica en partes de Ecuador y Colombia. Dos géneros (8%) son usados para hacer ataúdes de los troncos. Finalmente, dieciséis géneros (66%) son utilizados para otros propósitos, incluyendo uso medicinal (6), plantas ornamentales (6), productos químicos como cera o tintes (3), y uso ceremonial/ritual (3). En esta última categoría se incluye el uso de hojas de *Ceroxylon* y ocasionalmente de *Attalea amygdalina* para las procesiones de Pascua.

Un resumen cuantitativo del registro de usos por categoría – basado en datos de palmeras ecuatorianas que forman parte de este estudio (Tabla 2) – sugiere que las especies de palmeras que se encuentran en la región andina son por la mayor parte usadas en la misma manera que las palmeras en general. La categoría de uso más frecuentemente reportada es nuevamente la alimenticia, seguida por construcción de viviendas y techado. Las palmeras andinas califican alto en uso medicinal, ceras e higiene personal comparado con palmeras ecuatorianas en general; mientras que es bajo en materiales para artesanías y elaboración de utensilios. Un gran número de usos misceláneos menores han sido reportados para las palmeras andinas de Ecuador.

Las poblaciones humanas que se incrementan y las actividades agrícolas están conduciendo a la deforestación, degradación de hábitats y fragmentación de poblaciones de las plantas andinas; las palmeras no son una excepción. Borchsenius & Skov (1999) encontraron que dieciseis especies de palmeras ecuatorianas son categorizadas como vulnerables, amenazadas o críticamente amenazadas de acuerdo a los criterios de la UICN y diez de ellas se encuentran en los Andes. De igual forma, Galeano & Bernal (2005) concluyeron que la mayor parte de las palmeras colombianas amenazadas se encuentran en los Andes. Moraes (1999) reportó que el 43% de las especies nativas de Bolivia se encuentra en los valles interandinos y que los niveles de

Tabla 2: Categorías más comunes de uso de los géneros de palmeras ecuatorianas. Los números se basan en registros de uso de la base de palmeras (ver www.palmbase.org).

Categoría	Todas las especies	Especies andinas
Alimenticia	133	55
Construcción de viviendas y techado	112	55
Materiales para artesanías y elaboración de utensilios	51	19
Uso medicinal, ceras e higiene personal (jabón, cuidado dental)	23	17
Ritual	13	6
Varios usos misceláneos menores, incluyendo plantaciones para propósitos ornamentales	34	23
TOTAL	350	175

endemismo se concentran en los valles interandinos más xéricos (en el Centro y Sur de las laderas orientales andinas) con cuatro especies: *Parajubaea sunkha, P. torallyi, Syagrus cardenasii* y *S. yungasensis*. En la mayoría de los casos, el uso de las especies no es la mayor causa de preocupación. Sin embargo, una excepción se da en el género *Ceroxylon*, donde la cosecha de hojas jóvenes e inmaduras destinada a Domingo de Ramos tiene un impacto severo negativo en algunas poblaciones. Un caso similar en Colombia se tiene con *Geonoma orbignyana*, cuyos niveles de extracción de hojas son claramente no sostenibles. Antes se practicaron cosechas no sostenibles del palmito de *Prestoea*, pero su uso ha sido ahora totalmente reemplazado por la extracción de *Bactris gasipaes*.

La historia de uso de palmeras en los Andes – así como en muchas otras áreas – se ha caracterizado por un desarrollo de auge y explosión. Por lo que más que eliminar totalmente esa explotación – como por ejemplo las hojas de *Ceroxylon* para la procesión de Pascua o las hojas de *Geonoma* para decoraciones florales – se requieren medidas para implementar prácticas sostenibles de cosecha para proteger a estas palmeras de la extinción local y permitir al mismo tiempo el desarrollo de importantes fuentes de ingresos para las poblaciones rurales asentadas en la región andina.

Referencias

Acosta-Solís, M. 1944. La tagua. Editorial Ecuador, Quito. 37 p.

Acosta-Solís, M. 1971. Palmas económicas del noroccidente ecuatoriano. Naturaleza Ecuatoriana 1(2): 80-163.

Allen, P.H. 1965. The rain forests of Golfo Dulcé. Jacksonville: University of Florida Press, Miami. 417 p.

Balick, M.J. 1979. Amazonian oil palms of promise: a survey. Economic Botany 33: 11-28.

Balick, M.J. 1990. Production of Coyol wine from *Acrocomia mexicana* (Arecaceae) in Honduras. Economic Botany 44: 84-93.

Balick, M.J. & H. Beck. 1990. Useful palms of the world: a synoptic bibliography. Columbia University Press, Nueva York. 794 p.

Balick, M.J. & S. Gershoff. 1990. A nutritional study of *Aiphanes caryotifolia* (Kunth) Wendl. (Palmae) fruit: an exceptional source of vitamin A and high quality protein from tropical America. Advances in Economic Botany 8: 35-40.

Barfod, A. 1989. The rise and fall of vegetable ivory. Principes 33: 181-190.

Barfod, A., Bergmann, B. & H. Borgtoft Pedersen. 1990. The vegetable ivory has survived and is doing fine in Ecuador. Economic Botany 44: 293-300.

Bernal, R. 1992. Colombian palm products. pp. 158-172 En: Plotkin, M. & Famolare, L. (eds.), The Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products. Island Press, Covelo, California.

Bernal, R. 2001. Una nueva especie de *Aiphanes* (Palmae) de los Andes de Colombia. Caldasia 23: 163-167.

Bernal, R. & G. Galeano. 1999. Jarina. Pp. 341-350. En: J. W. Clay, P. de T. B. Sampaio & C. R. Clement (eds.). Biodiversidade Amazonica: Exemplos e Estratégias de Utilizaçao. INPA-SEBRAE, Manaus.

Bonilla, D. & Feil, J.P. 1995. Production of ramets and germination of *Prestoea trichoclada* (Arecaceae) - a source of palm heart in Ecuador. Principes 39: 210-214.

Borchsenius, F. & R. Bernal. 1996. *Aiphanes*. Flora Neotropica Monographs 70: 1-94.

Borchsenius, F., Pedersen, H.B. & H. Balslev. 1998. Manual to the palms of Ecuador. AAU Reports 37: 1-217.

Borchsenius, F. & F. Skov. 1999. Conservation status of palms (Arecaceae) in Ecuador. Acta Botanica Venezuelica 22: 221-236.

Brack Egg, A. 1999. Diccionario enciclopédico de plantas útiles de Perú. CBC, Cuzco.

Burret, M. 1932. Die Palmengattungen *Martinezia* und *Aiphanes*. Notizblatt Botanischer Garten Berlin-Dahlem 11: 557-577.

Cerón, C.E. & R. Bernal. 2004 Una nueva especie de *Aiphanes* del occidente del Ecuador. Caldasia 26: 433-438.

Clement, C.R.& J.E. Mora Urpí. 1987. Pejibaye palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): multi-use

potential for the lowland humid tropics. Economic Botany 41: 302-311.

Duke, J.A. 1970. Ethnobotanical observations on the Chocó Indians. Economic Botany 24: 344-366.

Galeano, G. 1995. Novedades en el género *Ceroxylon* (Palmae). Caldasia 17: 395-408.

Galeano, G. & R. Bernal. 1987. Palmas del Departamento de Antioquia, Región Occidental. Universidad Nacional de Colombia, Centro Editorial, Bogotá. 180 p.

Galeano, G. & R. Bernal. 2002. New species and new records of Colombian palms. Caldasia 24: 277-292.

Galeano, G. & R. Bernal. 2005. Palmas. Pp. 59-223. En: Calderón E, Galeano G. & N. García (eds.) Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen II: Palmas, frailejones y zamias. Instituto Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá.

Govaerts, J. & J. Dransfield. 2005. World checklist of palms. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. 223 p.

Henderson, A. J. 1990. Arecaceae. Part. I. Introduction and the Iriarteinae. Flora Neotropica Monographs 53: 1-100.

Henderson, A.J. 2004. A multivariate analysis of *Hyospathe* (Palmae). American Journal of Botany 91(6): 953–965.

Henderson, A. & G. Galeano. 1996. *Euterpe*, *Prestoea* and *Neonicholsonia* (Palmae). Flora Neotropica Monographs 72: 1-90.

Henderson, A.J., Galeano, G. & R. Bernal. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press, Nueva Jersey. 352 p.

Mora Urpí, J., Szott, L., Murillo, M. & V. Patío (eds.). 1993. Cuarto congreso sobre biología, agronomía e industrializacion del pijuayo. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José. 492 p.

Moraes R., M. 1993. Palmae. Pp. 612-628. En: T. J. Killeen, E. García & S. Beck (eds.) Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia-Missouri Botanical Garden, Edit. Quipus SRL, La Paz.

Moraes R., M. 1996. Novelties of the genera *Parajubaea* and *Syagrus* (Palmae) from interandean valleys of Bolivia. Novon 6: 85-92.

Moraes R., M., F. Borchsenius & U. Blicher-Mathiesen. 1996. Notes on the biology and uses of the Motacú palm (*Attalea phalerata*, Arecaceae) from Bolivia. Economic Botany 50(4): 423-428.

Moraes R., M. 1999. Ecología de palmeras en valles interandinos de Bolivia. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 5: 3-12.

Moraes R., M. 2004a. Evaluación de las palmeras nativas de Bolivia en relación a sus categorías de utilización. REBOLEDS (UMSA) 3: 63-70.

Moraes R., M. 2004b. Flora de palmeras de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz. 262 p.

Moraes R., M., Galeano, G., Bernal, R., Balslev, H. & A. Henderson. 1995. Tropical Andean palms. Pp. 473-488 En: Churchill, S., Balslev, H., Forero, E. & J. L. Luteyn (eds.), Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests, New York Botanical Garden Press, Nueva York.

Moraes R., M. & A. Henderson. 1990. The genus *Parajubaea* (Palmae). Brittonia 42(2): 92-99.

Niño, S. M., Dorr, L. J. & F. W. Stauffer. 2005. Una nueva especie de *Aiphanes* (Arecaceae) de la Cordillera de Mérida, Venezuela. SIDA 21: 1599-1606.

Pedersen, H.B. & H. Balslev. 1990. Ecuadorean palms for agroforestry. AAU Reports 23: 1-122.

Pedersen, H.B. 1993. Extractivism in Ecuador with special emphasis on management and economic exploitation of native palms (Arecaceae). Ph.D. dissertation, University of Aarhus, Aarhus.

Perez Arbelaez, E. 1956. Plantas útiles de Colombia. Litografia Arco, Bogotá. 986 p.

Pittier, H. 1926. Manual de las plantas usuales de Venezuela. Litografia del Comercio, Caracas. 458 p.

Poisson, J. 1904. Cires végétales curieuses ou importantes. Journal d'Agriculture Tropicale 35: 131-133.

Rodríguez-Buriticá, S., Orjuela, M.A. & G. Galeano. 2005. Demography and life history of *Geonoma orbignyana*: An understory palm used as foliage in Colombia. Forest Ecology and Management 211: 329–340.

Romero Castañeda, R. 1969. Frutas silvestres de Colombia. Vol 2. Editorial Andes, Bogotá.

Skov, F. & H. Balslev. 1989. A revision of *Hyospathe* (Arecaceae). Nordic Journal of Botany 9: 189-202.

Snow, D.W. & B.K. Snow. 1978. Palm fruits in the diet of the oilbird, *Steatornis caripensis*. Principes 22: 107-109.

Valencia, R. 1995. Composition and structure of an Andean forest fragment in eastern Ecuador. Pp. 239-249 En: Churchill, S., Balslev, H., Forero, E. & J. Luteyn L. (eds.) Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests, New York Botanical Garden Press, Nueva York.

Valencia, R., Pitman, N., León-Yánez, S. & P.M. Jorgensen (eds.). 2000. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 489 p.

Van der Eynden, V. 2004. Edible palms of Southern Ecuador. Principes 48: 141-147.

Vargas, I. 1994. Ecology and uses of *Parajubaea torallyi* in Bolivia. Principes 38: 146-152.

Vásquez Ch., R. & G. Coimbra S. 2002. Frutas silvestres comestibles de Santa Cruz. 2da. Edic., Editorial FAN, Santa Cruz. 265 p.

Webster's Unabridged Revised Dictionary 1913. Version published by the C. & G. Merriam Co. Springfield, Massachusetts under the direction of Noah Porter, D.D., LL.D. See http://www.bootlegbooks.com/Reference/Webster/data/1719.html

Williams, L.O. 1981. The useful plants of Central America. Ceiba 24: 1-297.

Fig. 1: Detalle de la flor de *Brugmansia sanguinea*, denominado floripondio boliviano en Bolivia. Foto: M. Moraes.

(Perú) y allí los shamanes también cultivan estas plantas en sus jardines personales (De Feo 2004). Cada shaman tiene sus variedades preferidas de *Brugmansia* que parcialmente sirven para propósitos medicinales y también para ser ingeridos cuando tienen que analizar o diagnosticar casos complicados. Los shamanes que practican en tierras bajas costeras de Perú también suplirán ocasionalmente al San Pedro con *Brugmansia* (Sharon 1972a, Lopez 1994) y allí se tienen registros recientes de *B. sanguinea* y *B. aurea* por ser utilizada como narcótico ritual por Quechuas de tierras altas en el centro de Ecuador (Cerón & Montalvo 2002, Cerón & Quevedo 2002, así como datos de especímenes de herbario), es decir, en áreas donde está ausente el San Pedro cultivado. Tanto botánicos y colegas de Ecuador y Perú consideran que *Brugmansia* es más ampliamente usado para magia y curas en las tierras altas que lo que unas relativamente pocas referencias sugieren y estas plantas son probablemente también usadas en el sur de Perú y en Bolivia.

Especies de malezas de *Datura* (s.s.) tienen propiedades psicoactivas similares a las descritas para el árbol de floripondio o de datura. *Datura inoxia* y *D. stramonium* son nativas de Mexico y USA donde tradicionalmente son usadas por los shamanes (Schultes 1972); ambas han sido introducidas en la región andina donde se han convertido en malezas localmente comunes aplicadas para la medicinal y ocasionalmente como narcóticas. *Datura inoxia* también se usa como narcótica en el NW de la costa de Perú y la segunda especie es usada en los tres paises del presente estudio. Según Cárdenas (1989), en Bolivia *D. stramonium* (y su sinónimo *D. tatula*) es una planta ruderal y común, conocida como chamico y en la farmacopea Kallawaya se considera una planta estupefaciente que es usada para provocar el delirio (Cárdenas 1989). En Ecuador y Perú tambien se la conoce como chamico y tiene usos parecidos (Tabla 1 y datos de especímenes de herbario). Estas son probablemente prácticas post-coloniales, ya que ambas especies aparentemente fueron introducidas a Sud América después de la conquista europea.

Fig. 1: Planta de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) con tubérculos y cormelos con hojas por encima de las raíces engrosadas. Con 12 meses de edad cultivada en la colección de germoplasma de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú (Foto: S.R. Knudsen).

floración de cultivos generalmente es inducida por una baja temperatura o fotoperiodo o una combinación de ambos (Hiller & Kelly 1979, Peterson *et al.* 1993, Ramin & Atherton 1994). Bajaña (1994) demostraron que ninguno de estos factores ya sea separados o combinados tiene efectos en la floración de arracacha. Más bien la deshidratación de las plantas maduras ha mostrado que induce la floración en una serie de experimentos preliminares (Bajaña 1994, Hermann 1997, Sediyama & Casali 1997). Sin embargo, estos experimentos no incluyen a un grupo control. En un reciente experimento, no se encontraron diferencias de floración entre el grupo control y los tratamientos de deshidratación (Knudsen *et al.* 2001). Todavía no se ha descrito un método confiable para inducir a la floración, esto también se aplica a la compatibilidad entre especies de *Arracacia* y razas del campo de arracacha, por lo tanto la biología floral en arracacha requiere mayor investigación. La umbela porta tanto flores perfectas protóginas como estaminadas, la fenología floral previene de la autopolinización y endogamia, por lo que se promueve el exocruzamiento. Sin embargo, el juego de frutos regularmente ha sido reportado en campos de Brasil que la arracacha es autocompatible, en tanto que un solo clon haya sido usado (Bustamante *et al.* 1997). La baja viabilidad de la semilla coleccionada (Sediyama *et al.* 1990a, 1990b) y el raro juego de semillas observado en los Andes (Hodge 1954) podrían sugerir que la arracacha sufre de ciertos problemas reproductivos sexuales.

Una serie de experimentos fueron dirigidos para investigar diferentes aspectos que influyen a la floración de la arracacha, como los siguientes:

- Deshidratación y almacenaje de propágulos (= cormelo) y coronas
- Duración de la deshidratación y tratamientos de almacenaje

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 434-448.

Aráceas y bromeliáceas de Bolivia

Amparo Acebey[1,3*], Michael Kessler[2], Brigitte Maass[1] & Thorsten Krömer[2,3]

[1]Institute for Crop and Animal Production in the Tropics, Georg-August University Göttingen, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen, Alemania
email: cacebey@gmx.net, bmaass@gwdg.de
[2]Albrecht-von-Haller-Institute of Plant Sciences, Georg-August University Göttingen, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen, Alemania
email: mkessle2@uni-goettingen.de, tkroemer@ibiologia.unam.mx
[3]Dirección actual: Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 94, San Andrés Tuxtla, Veracruz 95701, México

Abstract

This study presents a synthesis of useful species of Araceae and Bromeliaceae from the Andean forests of Bolivia, including their categories of uses, state of knowledge and further perspectives. In each of the families, 18 multipurpose species were selected from the 63 Araceae and 75 Bromeliaceae identified, in order to evaluate their potential use considering the following ecological indicators: frequency of occurrence, cover, distribution, habitat specificity, life form, and vertical distribution in forest strata related to the difficulty of harvest. Floristic inventories carried out in plots of 20 x 20 m at 28 locations in the Bolivian Andes were analysed. The study sites include humid and dry inter-Andean, and also the Andean foothill forest. Three aroid and five bromeliad species were identified, which mostly are widespread, are frequent, relatively abundant, without marked habitat specificity, and have life forms and vertical distributions in the forest strata that do not impede their harvest. Such characteristics make these species suitable for the utilization of their natural populations, although further research is necessary to validate this study, particularly on density and stability of populations, as well as the impact of regular harvest on them.
Key words: Aroids, Bromeliads, Bolivian Andes, Non-timber forest products.

Resumen

Se presenta una síntesis de 138 especies útiles de Araceae y Bromeliaceae en los bosques andinos de Bolivia, incluyendo sus principales categorías de uso, estado actual y perspectivas de aprovechamiento. De las 63 aráceas y 75 bromeliáceas útiles identificadas, se seleccionaron 18 especies multiuso de cada familia para la evaluación de su potencial de uso, aplicando los siguientes indicadores ecológicos: frecuencia, cobertura, distribución, especificidad de hábitat, forma de vida y distribución de las especies en diferentes estratos del bosque en relación a la facilidad de cosecha. Se analizaron datos de 28 localidades en los Andes de Bolivia, donde inventarios florísticos fueron realizados en parcelas 20 x 20 m. Las localidades incluyeron bosques húmedos montanos, piedemonte y secos interandinos. Se identificaron tres aráceas y cinco bromeliáceas que son generalmente especies de amplia distribución, frecuentes, relativamente abundantes, no muestran especificidad a cierto tipo de hábitat y su forma de vida no dificulta su cosecha. Estas características las hacen favorables para ser aprovechadas a partir de sus poblaciones naturales. Sin embargo, futuras investigaciones son necesarias para validarlo, principalmente estudios de densidad y estabilidad de poblaciones, así como el impacto de una cosecha regular sobre ellas.
Palabras clave: Aráceas, Bromeliáceas, Andes de Bolivia, Productos no maderables.

Introducción

La diversidad biológica genera varios beneficios para la humanidad y el ecosistema, siendo un componente vital para el desarrollo económico y social (Akerele *et al.* 1991). Miles de especies de plantas podrían contribuir con material genético a la economía mundial y seguridad

alimenticia, produciendo nuevas variedades adaptadas a cambios climáticos y enfermedades (FAO 1996). Bolivia es un país megadiverso y al igual que otros países andinos es un centro importante de origen y diversidad, tanto de especies domesticadas como de parientes silvestres, incluyendo papas (*Solanum* spp.), maní (*Arachis hypogaea*), yuca (*Manihot esculenta*), frijoles (*Phaseolus* spp.) y ajíes (*Capsicum* spp.) (Beck 1998). Entre tanto, el aprovechamiento de su biodiversidad como recursos genéticos de plantas medicinales recién está conociéndose la identidad taxonómica de casi 3.000 especies de plantas medicinales (Ibisch & Mérida 2003).

Actualmente la utilización de recursos no maderables tiene el objetivo de reducir la deforestación e impulsar el aprovechamiento de la diversidad biológica. Boom (1987) indica que en Bolivia todavía existe una estrecha relación de la población rural con sus ecosistemas naturales que brindan alimentos, forrajes, materiales de construcción, energía, medicinas, entre otros. Los mismos que son fundamentales para la subsistencia y economía local. En este sentido, la exploración de familias de plantas que ofrecen diversos productos tiene una alta prioridad, siendo este el caso de Araceae y Bromeliaceae.

Araceae es una familia mayormente tropical con 108 géneros y alrededor de 3.700 especies, siendo más diversa en especies en América tropical (Croat 1998). Posee una gran diversidad de formas de vida desde acuáticas, flotantes, terrestres, epífitas y hemiepífitas trepadoras. En Bolivia, Kessler & Croat (1999) registraron 23 géneros y 114 especies, mostrando que la riqueza de especies y el endemismo son relativamente bajos, comparados con otros países sudamericanos. Actualmente estas cifras aumentaron a 135 especies con el descubrimiento de nuevos registros y especies nuevas para la ciencia (Croat & Acebey 2005). La riqueza de especies es mayor en bosques húmedos submontanos de los Andes que en la Amazonía, aunque esta última permanece poco estudiada (Kessler & Croat 1999). Hacia el sur y este en las regiones más secas de tierras bajas, la diversidad de aráceas disminuye considerablemente.

Por otro lado, la familia Bromeliaceae es casi exclusiva de los trópicos y subtrópicos del Nuevo Mundo. De acuerdo a Luther (2002), posee 2.900 especies en 56 géneros, siendo la piña (*Ananas comosus*) la especie más conocida. Cerca de la mitad de las especies son epífitas, que poseen tricomas foliares especializados para absorber humedad y nutrientes (Benzing 2000). En Bolivia, Krömer *et al.* (1999) registraron 21 géneros y 281 especies de bromeliáceas, mostrando un número total de especies relativamente bajo, comparado con otros países andinos (Krömer 2004), pero una alta diversidad a nivel de géneros que refleja la posición biogeográfica única de Bolivia. Casi un 45% de las bromeliáceas bolivianas son endémicas del país, principalmente dentro de los géneros terrestres *Deuterocohnia*, *Fosterella* y *Puya*, con su centro de diversidad en Bolivia. Solo *Tillandsia* tiene un número similar de especies endémicas, representado principalmente por especies epífitas y saxícolas adaptadas a condiciones secas de los bosques interandinos y Chiquitanía.

En Bolivia en los últimos años ambas familias formaron parte de varios estudios taxonómicos y ecológicos (Ibisch 1996, Bach *et al.* 1999, Kessler & Croat 1999, Krömer *et al.* 1999, Acebey & Krömer 2001, Kessler 2001, 2002, Krömer 2003, Croat & Acebey 2005). Por lo tanto y a diferencia de otros grupos de plantas, estas familias cuentan con un nivel de conocimiento mayor que podría ser utilizado para la evaluación de su potencial económico. El objetivo de este estudio es analizar la información ecológica existente de ambas familias en los Andes de Bolivia, con énfasis en los bosques montanos húmedos y secos, para evaluar su potencial en vista a un aprovechamiento sostenible.

Métodos

Revisión de literatura y herbarios

Mediante revisión de literatura, se recopiló la información de las especies de Araceae y Bromeliaceae utilizadas por pueblos nativos de Bolivia y otros países latinoamericanos (Anexo 1). Información adicional se obtuvo de la revisión del Herbario Nacional de Bolivia en La Paz (LPB) y del Herbario Noel Kempff Mercado en Santa Cruz (USZ). El análisis de las bases de datos de ambos herbarios proporcionó valiosa información de la distribución geográfica, ecología y uso tradicional de las especies.

Áreas de estudio y muestreo

El análisis se basó en un total de 28 localidades investigadas (Tabla 1), dispersas en los bosques montanos de los Andes bolivianos desde los 450-2.500 m de elevación (Figura 1). En cada localidad, el muestreo se realizó en 10-15 parcelas no permanentes de 400 m^2 cada una, que representa el área mínima de parcelas florísticamente representativas para estas familias (Kessler & Bach 1999, Kessler 2001). En su mayoría, los sitios fueron ecológicamente homogéneos y con bosque fisionómicamente representativo, además se incluyeron sitios azonales como ser crestas, quebradas, vegetación secundaria, paredes rocosas y bordes de camino. En cada parcela, se registraron las especies por presencia / ausencia, formas de vida y cobertura por estrato de bosque. Se calculó la frecuencia (es decir, cuántas veces aparece una especie en los relevamientos) y cobertura (es la superficie cubierta por la proyección vertical de la parte aérea de la planta sobre el suelo) de las especies en porcentaje por hábitat. En el presente estudio, la cobertura es considerada una medida semicuantitativa para estimar la abundancia-dominancia de cada especie, modificada de la escala de Braun-Blanquet: + = raro, 1 = 1-5% de cobertura, 2 = 6-25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75%, 5 = 76-100%. Además, se consideraron las principales formas de vida: terrestres, saxícolas, hemiepífitas y epífitas, así como su distribución en los siguientes estratos de bosque: bajo a nivel del suelo, medio (<2m) y alto (>2m). Este último análisis tiene la finalidad de relacionar esta variable con la facilidad de cosecha, es decir si el recurso es de fácil acceso o no.

Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó usando el programa SYSTAT, versión 7.0. Se aplicaron pruebas no paramétricas de Mann-Whitney U test y el análisis de varianza (ANOVA) Kruskal-Wallis para encontrar diferencias entre los valores promedio de la frecuencia y cobertura de las especies por hábitat.

Evaluación del potencial de uso

Algunos autores como Watts *et al.* (1996), Wild & Mutebi (1996) y Marmillod *et al.* (1998) han desarrollado metodologías para evaluar especies aptas para un aprovechamiento sostenible, basadas en información ecológica y socioeconómica. Entre los indicadores más importantes se mencionan: abundancia, frecuencia, especificidad de hábitat y formas de vida, datos obtenidos en ciertos tipos de inventarios florísticos. Este estudio se orienta a la utilización de inventarios florísticos como fuente de información ecológica relevante para hacer una primera selección del potencial de las especies.

Resultados

En este estudio se identificaron 63 aráceas y 75 bromeliáceas útiles o con alto potencial económico (Anexo 1). En Bolivia una tercera parte de las aráceas (22 spp.) está restringida a los bosques montanos de los Andes con algunas

Tabla 1: Localidades de estudio en Bolivia, modificado de Kessler (2002). 12p: Sitios perhúmedos con >100 mm de precipitación media mensual.

N°	Localidad	Altitud(m)	Coordenadas (latitud, longitud)	Meses húmedos	Tipo de bosque o vegetación
1	Río San Antonio	400	13°35'S, 68°30'W	11-12	Bosque siempreverde
2	Río Machariapo	1.050-1.350	14°37'S, 68°27'W	7-8	Bosque semideciduo
3	Río Yuyo	850-1.000	15°02'S, 68°28'W	11-12	Bosque siempreverde
4	Serranía Pilón Lajas	700-950	15°09'S, 67°06'W	11-12	Bosque siempreverde
5	Camata	1.400-1.450	15°14'S, 68°46'W	7-8	Bosque deciduo
6	Consata	1.000-1.400	15°25'S, 68°32'W	7-8	Bosque deciduo
7	Sapecho	450-750	15°32'S, 67°18'W	9-10	Bosque siempreverde
8	Serranía Bellavista	1.150-1.500	15°40'S, 67°30'W	11-12	Bosque siempreverde
9	Yolosillas	1.100-1.200	16°12'S, 67°45'W	7-8	Bosque semideciduo
10	Las Mercedes	850-1.000	16°15'S, 67°18'W	9-10	Bosque semideciduo
11	Miguillas	1.300-1.800	16°33'S, 67°22'W	5-6	Bosque deciduo
12	Huara	1.550-1.700	16°35'S, 67°26'W	9-10	Bosque deciduo
13	Cotacajes	1.600-2.150	16°46'S, 66°44'W	7-8	Bosque semi-y deciduo
14	Inquisivi	2.250-2.500	16°54'S, 67°09'W	7-8	Bosque deciduo
15	Villa Tunari	300-450	16°58'S, 65°25'W	12p	Bosque siempreverde
16	El Palmar	500-1.000	17°06'S, 65°30'W	12p.	Bosque siempreverde
17	Carrasco	1.000-1.500	17°08'S, 65°38'W	12p.	Bosque siempreverde
18	Río Colomelín (Bulo Bulo)	350-600	17°23'S, 64°24'W	11-12	Bosque siempreverde
19	Macuñucu	450-500	17°44'S, 63°36'W	9-10	Bosque semideciduo
20	Siberia	2.600-3.000	17°50'S, 64°43'W	11-12	Bosque siempreverde
21	San Juan del Potrero	1.350-1.600	17°59'S, 64°15'W	5-6	Bosque deciduo
22	Río Caine	2.200-2.300	18°06'S, 65°46'W	7-8	Bosque deciduo
23	Los Volcanes	1.000-1.300	18°07'S, 63°35'W	9-10	Bosque semideciduo
24	Loma Larga (Masicurí)	1.200-1.500	18°46'S, 63°50'W	9-10	Bosque siempreverde
25	Masicurí seco	500-800	18°49'S, 63°41'W	9-10	Bosque deciduo
26	Nuevo Mundo	2.100-2.450	18°59'S, 64°18'W	9-10	Bosque siempreverde
27	Tarvita	2.000	19°34'S, 64°27'W	9-10	Bosque deciduo
28	Río Azero (Monteagudo)	1.150-1.500	19°40'S, 64°04'W	9-10	Bosque deciduo

endémicas (6 spp.). El resto se distribuye en tierras bajas, coincidiendo con el patrón general de riqueza de esta familia (Valencia *et al.* 1994, Kessler & Croat 1999). Al contrario, las bromeliáceas útiles se distribuyen mayormente (49 spp., 65%) en los bosques andinos que en tierras bajas, con una gran proporción de especies en bosques secos interandinos, que albergan a varias especies endémicas (17 spp.). Una excepción representan las especies ornamentales, que también se encuentran bien representadas en bosques húmedos de los Andes, pero a diferencia de las de los bosques secos son generalmente raras y por lo tanto requieren cultivo para su comercialización (Acebey *et al.* en prep.).

Los principales usos en relación al número de especies para ambas familias son ornamental, medicinal y alimenticio. En general, el uso ornamental de estas familias es muy poco aprovechado y recién empieza a descubrirse. Si bien se conoce muy poco del aprovechamiento de las poblaciones naturales, algunas instituciones, p.e. la Fundación de Amigos de la Naturaleza (FAN) impulsa el cultivo *in vitro* de bromeliáceas. A excepción del uso de la bromelaina o ananasa, las propiedades terapéuticas de estas familias

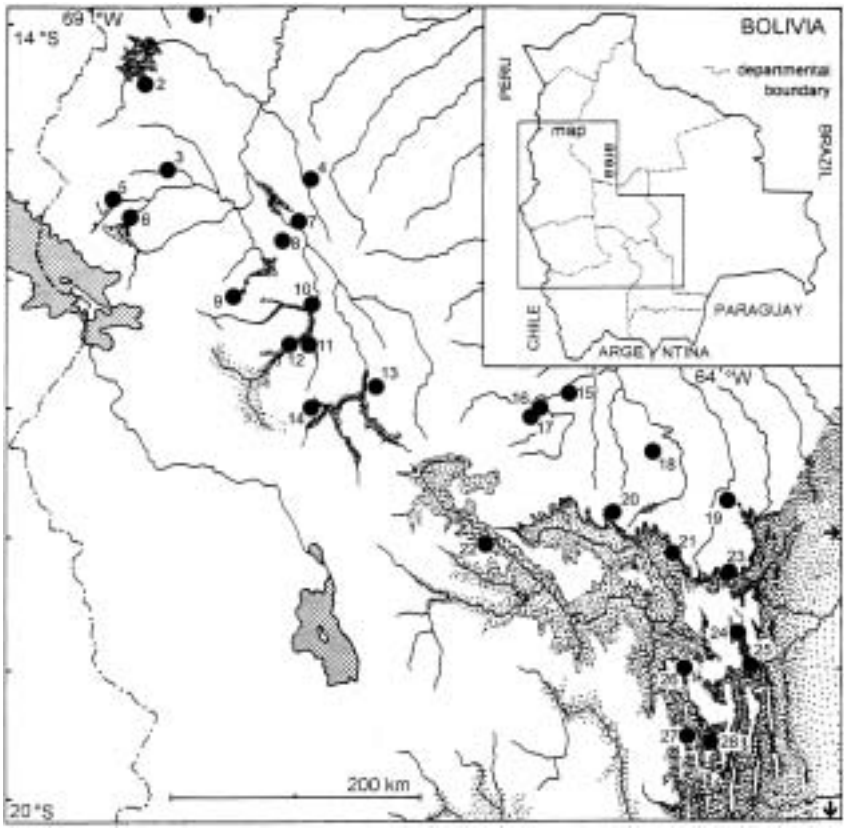


Fig. 1: Mapa de ubicación de las áreas de estudio, siguiendo la numeración de la tabla 1. Las áreas punteadas señalan la distribución de bosques secos deciduos y las más densamente punteadas indican áreas más húmedas (modificado de Kessler 2001).

son mayormente utilizadas en la medicina popular (Plowman 1969, Bown 1988, Bennett 1992, 1995, 2000, Lacaze & Alexiades 1995, Alexiades 1999, Quenevo *et al.* 1999, Bourdy *et al*. 2000). La bromelaina es una enzima proteolítica similar a la papaína de *Carica papaya*, que es actualmente comercializada por la William H. Rorer, Inc. como *Ananase* para curar inflamaciones y dolores relacionados (Benzing 1980, Bennett 2000). Algunos estudios fitoquímicos han comprobado la efectividad de ciertas propiedades terapéuticas tales como: antibacterial, antiinflamatoria, contra hongos del tipo *Candida albicans* y una actividad antiprotozoaria contra *Tripanosoma cruzi* (mal de Chagas) y *Trichomonas vaginalis* (vaginitis) (Quevedo *et al.* 1999, A. Hanson, com. pers. 2005).

Las especies silvestres de aráceas (p.e. *Xanthosoma* y *Monstera*) y bromeliáceas (p.e. *Aechmea*, *Bromelia* y *Pseudananas*) rinden recursos alimenticios y genéticos. Sin embargo, existen muy pocos estudios al respecto, probablemente debido al bajo conocimiento de la sistemática y estado de domesticación de las especies. En los Andes se encuentran solo algunas especies de bromeliáceas productoras de fibras (p.e. *Bromelia serra* y *Pseudananas sagenarius*). Su aprovechamiento es muy importante en términos económicos para ciertos pueblos a nivel local y regional (VAIPO 1999, 2000), sobre todo en la región del Chaco

y Chiquitanía. Acebey (2003) presentó una extensa revisión de literatura acerca de los usos de aráceas y bromeliáceas en Bolivia.

En ambas familias se identificaron aquellas especies con tres ó más usos llamadas multiuso, que por ofrecer una diversificación de recursos son de interés particular y por lo tanto fueron estudiadas en más detalle. En 28 localidades investigadas se encontraron ocho aráceas y diez bromeliáceas multiuso, la tabla 2 resume la información ecológica obtenida para cada una de estas especies.

Evaluación de especies multiuso

Araceae. En general, las especies de aráceas multiuso fueron frecuentes en la mayoría de los tipos de hábitat estudiados y los valores más altos de frecuencia alcanzaron *Philodendron camposportoanum*, *Syngonium podophyllum* y *P. megalophyllum* en orden descendente (Tabla 2). Tanto las especies *P. megalophyllum* como *P. camposportoanum* no mostraron diferencias significativas entre la mayoría de los diferentes hábitats ($P > 0.05$), mientras que *Syngonium podophyllum* fue significativamente menos frecuente en paredes rocosas, vegetación secundaria y crestas que en bosques zonales ($P < 0.05$) (Tabla 3). Las especies más raras fueron *Caladium bicolor*, *Anthurium oxycarpum*, *Philodendron maximum* y *Xanthosoma poeppigii*. *Anthurium scandens* también fue poco frecuente y significativamente más común en bosques zonales y quebradas que en paredes rocosas ($P < 0.05$) (Tabla 3). A excepción de esta última, no se pudieron realizar las pruebas estadísticas para el resto de las especies, debido al bajo número de localidades; sin embargo se observaron ciertas especificidades de hábitat.

Los porcentajes de cobertura promedio fueron bajos para todas las especies. Solamente *Philodendron camposportoanum*, *P. megalophyllum* y *Syngonium podophyllum* alcanzaron valores más altos (Tabla 2). La mayoría de las especies tiene una mayor cobertura en bosque zonal y algunas son más abundantes en bosques húmedos, como lo demuestran *Anthurium scandens* y *Syngonium podophyllum* (12% cada una). Por el contrario, *P. megalophyllum* (35%) y *P. camposportoanum* (12%) mostraron valores de cobertura máxima más altos en bosques semideciduos y deciduos (Tabla 2). Probablemente las mejores condiciones de luz que ofrecen estos bosques favorecen a la abundancia local de estas especies tolerantes a periodos más largos de sequía de hasta 5-7 meses secos por año. La relación de la cobertura por estrato mostró que las especies terrestres (s) y las hemiepífitas (m) de estratos inferiores alcanzaron mayor cobertura que las que crecen en estratos superiores (a) (Tabla 2). Los bosques montanos son más iluminados que aquellos de tierras bajas, permitiendo de esta manera un mayor desarrollo del estrato herbáceo.

Bromeliaceae. A excepción de *Aechmea angustifolia*, las bromeliáceas multiuso fueron muy frecuentes en la mayoría de los hábitats estudiados. Los valores más altos de frecuencia mostraron *Pseudananas sagenarius*, *Tillandsia didisticha*, *T. duratii*, *T. loliacea* y *T. vernicosa*. La frecuencia de *Aechmea distichantha* y las especies del género *Tillandsia* no muestran diferencias significativas entre los diferentes hábitats ($P > 0.05$) (Tabla 3). Mientras que *Bromelia serra* y *Pseudananas sagenarius* fueron más frecuentes en bosque zonal y vegetación secundaria, asimismo *Aechmea angustifolia* fue significativamente más frecuente en bosques zonales, paredes rocosas y quebradas que en vegetación secundaria.

Al igual que Araceae, la cobertura promedio fue baja, con excepción *Pseudananas sagenarius*, *Tillandsia duratii*, *T. usneoides* y *Bromelia serra* (Tabla 2). Comparando las coberturas promedio entre los diferentes tipos de hábitat, las especies de los géneros *Aechmea* y *Tillandsia* no muestran diferencias significativas ($P > 0.05$) (Tabla 3). *Bromelia serra* y *Pseudananas sagenarius* fueron más abundantes en bosque zonal y vegetación secundaria. La cobertura máxima para varias

Tabla 2: Información ecológica de las aráceas y bromeliáceas multiuso en 28 sitios de Bolivia. Abreviaciones: Fc = Frecuencia (%), Cb = Abundancia relativa (Cobertura %), Cb vs. es = Abundancia relativa (Cobertura %) por altura del estrato que ocupa: s = suelo, m = epífita o hemiepífita < 2 m, a = epífita o hemiepífita > 2 m, Cob máx = Valor máximo de cobertura (%), MH = Meses húmedos.

Familia/Especie	Fc	Cb	Cb vs es	Cb máx	MH	Altitud (m)
RACEAE						
Anthurium oxycarpum	14.3	0.1	s>m	2	11-12	350-1.100
Anthurium scandens	12.4	0.2	a>m	12	9-12	650-2.200
Caladium bicolor	9.5	0.1	s	2	11-12	250-660
Philodendron camposportoanum	43.6	1.1	s>m>a	12	5-12	300-1.500
Philodendron maximum	20.8	0.1	a>s	2	9-12	400-450
Philodendron megalophyllum	27.3	0.6	a>s>m	35	7-12	200-1.400
Syngonium podophyllum	35.1	0.4	m>s>a	12	9-12	200-1.500
Xanthosoma poeppigii	17.6	0.3	s	2	9-12	350-1.050
ROMELIACEAE						
Aechmea angustifolia	13.1	0.1	a>m>s	2	7-12	300-1.350
Aechmea distichantha	27.0	1.6	s>a>m	60	5-10	900-1.950
Bromelia serra	28.7	2.1	s	60	5-10	200-1.400
Pseudananas sagenarius	71.8	3.4	s	35	7-10	375-1.350
Tillandsia didisticha	53.7	1.4	a>m>s	12	5-10	450-2.500
Tillandsia duratii	45.4	3.7	s>a>m	60	3-10	400-2.500
Tillandsia loliacea	44.5	1.4	m>a>s	12	5-10	400-2.500
Tillandsia recurvata	29.2	0.4	a>m>s	12	7-10	500-1.700
Tillandsia usneoides	33.2	3.7	a>m>s	60	5-10	1.050-2.500
Tillandsia vernicosa	36.0	0.7	a>m>s	35	5-10	400-2.400

especies fue muy alta de 35-60%, esto sugiere que al igual que en aráceas existe abundancia local (Tabla 2).

Las bromeliáceas multiuso se distribuyen casi exclusivamente en localidades con bosques secos semideciduos y deciduos que tienen entre 5-10 meses húmedos por año (Tabla 2). *Tillandsia duratii* es la especie más tolerante que tolera hasta nueve meses de sequía anual. No se encontró una relación entre la cobertura máxima y la duración del período húmedo, probablemente porque estas especies están adaptadas a la sequía. El patrón de abundancia relativa fue variable para cada especie. Se observaron dos patrones en relación a los valores de cobertura de bromeliáceas por estrato de bosque (Tabla 2). Sin considerar las especies terrestres, la mayoría de las especies epífitas de *Tillandsia* así como *Aechmea angustifolia* son mucho más abundantes en los estratos superiores (a) que en el suelo (s). Sin embargo, *Aechmea distichanta* y *Tillandsia duratii* fueron más abundantes en el suelo y en el estrato superior, que en el estrato intermedio.

Formas de vida vs. facilidad de cosecha

Las especies terrestres en ambas familias no representan un problema para la cosecha. Sin embargo, se ve que las aráceas terrestres son poco frecuentes y abundantes, en comparación con las bromeliáceas. Las aráceas multiuso son generalmente hemiepífitas y tienden en su mayoría a establecerse en los estratos inferiores

Tabla 3: Comparación de la frecuencia y cobertura de las especies de aráceas y bromeliáceas multiuso por tipo de hábitat en 28 sitios de Bolivia. Abreviaciones: Z = bosque zonal, S = vegetación secundaria, F = pared rocosa, B = quebrada, G = cresta; * = sin prueba estadística, *n* = muy pequeño.

Familia/Especie	Cobertura %	p	Frecuencia %	p
RACEAE				
Anthurium oxycarpum	Z>F	*	Z>F	*
Anthurium scandens	Z^{12},F^{1},B^{2}	0.05	Z^{1},F^{1},B	>0.05
Caladium bicolor	Z^{1},F^{12},B^{2}	<0.05	Z^{1},F^{12},B^{2} (* S)	<0.05
Philodendron camposportoanum	Z^{1},F^{1},B,S,G	<0.05	Z,F,B,S^{1},G^{1}	>0.05
Philodendron maximum	Z>S>B	*	Z>B>S	*
Philodendron megalophyllum	Z^{12},F^{13},B^{3},S,G^{2}	<0.05	Z,F,B,S,G	>0.05
Syngonium podophyllum	Z^{1},F,B^{1},S	<0.05	Z^{12},F^{1},B,S^{3},G^{23}	0.03
Xanthosoma poeppigii	F>B	*	F>B	*
ROMELIACEAE				
Aechmea angustifolia	Z,F,S	>0.05	Z^{1},F^{2},B^{123},S^{3}	<0.05
Aechmea distichantha	Z,F,B,S,G	>0.05	Z,F,B,S,G	>0.05
Bromelia serra	Z>S>G>B>F	*	Z>S>G>B>F	*
Pseudananas sagenarius	S>Z>B,F	*	Z>S>B,F	*
Tillandsia didisticha	Z,F,B,S,G	>0.05	Z,F,B,S,G	>0.05
Tillandsia duratii	Z,F,B,S,G	>0.05	Z,F,B,S,G	>0.05
Tillandsia loliacea	Z,F,B,S,G	>0.05	Z,F,B,S,G	>0.05
Tillandsia recurvata	Z,F,B,S,G	>0.05	Z,F,B,S,G	>0.05
Tillandsia usneoides	Z,F,B,S,G	>0.05	Z,F,B,S,G	>0.05
Tillandsia vernicosa	Z,F,B,S,G	>0.05	Z,F,B,S,G	>0.05

del bosque (s y m), donde alcanzan mayor cobertura. Las bromeliáceas epífitas se acumulan principalmente en el estrato superior, aunque son también abundantes en estratos inferiores (s) y (m). Otras como *Aechmea distichanta* y *Tillandsia duratii* son frecuentemente terrestres (Tabla 2).

Discusión

Ciertas especies de los géneros *Philodendron* y *Syngonium* mostraron tener cualidades favorables para un aprovechamiento sostenible de sus poblaciones naturales. En este estudio en particular *Philodendron camposportoanum*, *P. megalophyllum* y *Syngonium podophyllum* tienen una amplia distribución, son frecuentes y sin preferencias a ciertos tipos de hábitat y prosperan en vegetación secundaria. Según Watts *et al.* (1996) y Wild & Mutebi (1996), estas características sugieren una menor susceptibilidad de las especies en vista a un aprovechamiento de sus poblaciones naturales. Además Croat (1988) indica que especies de estos géneros tienen una mayor abundancia en condición de malezas, son comunes en ecosistemas abiertos: bordes de caminos, cercados y plantaciones y sugieren su pre-adaptación a tales condiciones (Tabla 2). Así lo demostró al menos *Philodendron camposportoanum* con una amplia tolerancia a la sequía. El estudio de Krömer & Gradstein (2003) en bosques submontanos de los Andes menciona que la diversidad de especies de aráceas en bosques secundarios no se ve disminuida, en comparación con la del bosque

primario. Su forma de vida hemiepífitica facilita la cosecha, porque normalmente permanecen en estratos inferiores del bosque. Otra ventaja del hemiepifitismo es que las especies pueden ser fácilmente propagadas vegetativamente.

Por el contrario, especies terrestres y algunas epífitas son generalmente raras y poco abundantes, usualmente requieren condiciones y hábitats especiales para su crecimiento. Sin embargo, *Anthurium scandens* puede ser localmente muy abundante a altitudes intermedias y más accesible en bosques montanos de altura, que en bosques adyacentes a tierras bajas. En el caso particular de *Xanthosoma* y *Caladium* estos fueron raros y encontrados en sitios específicos, principalmente en bosques, paredes rocosas húmedas y quebradas. Considerando que los productos a cosechar son sus tubérculos o rizomas, esto implica extraer plantas enteras y por lo tanto la eliminación de las mismas. Si solo existen pocos individuos de estas especies en un área determinada sería muy difícil llevar a cabo un aprovechamiento sostenible (Watts *et al.* 1996, Ticktin 2004). Estas especies requieren de procesos de domesticación y probablemente sean más apropiadas para cultivo en sistemas agroforestales.

La mayoría de las bromeliáceas seleccionadas podría ser apta para ser aprovechadas, a excepción de *Aechmea angustifolia*, que es rara y se encuentra en hábitats especiales. Particularmente las terrestres, tales como *Aechmea distichanta*, *Bromelia serra* y *Pseudananas sagenarius* son muy frecuentes, abundantes y prosperan en vegetación secundaria y otros tipos de hábitats. Además, su sistema vegetativo de propagación les permite cubrir extensas áreas y formar colonias, que promueve una regeneración constante y facilita la efectividad de la cosecha. Además, al ser terrestres son más accesibles para la cosecha. Estas especies son de importancia económica, principalmente en la producción de fibras destinadas a artesanías (VAIPO 1999, 2000). Similares características mostraron las epífitas multiuso del género *Tillandsia*, aunque en diferente grado. *Tillandsia didisticha* y *T. duratii* son las más ampliamente distribuidas, frecuentes y abundantes, mientras que *T. usneoides* tiene una distribución menos amplia y *T. loliacea*, *T. recurvata* y *T. vernicosa* son menos frecuentes y abundantes. Sin embargo, para todas ellas no se encontraron especificidades significativas a determinados hábitats. Wolf & Konings (2001) mencionan tres principales requisitos para el aprovechamiento sustentable de bromeliáceas epífitas del género *Tillandsia*: a) pertenencia a una población grande (aproximadamente 10.000 rosetas/ha); b) distribución espacial homogénea; y c) reemplazo garantizado de las bromeliáceas cosechadas. Este estudio demostró que las tillandsias nativas en bosques secos podrían cumplir con estos requisitos, considerando su amplia distribución, alta frecuencia y cobertura como indicadores indirectos de una población grande. Además, estas especies se distribuyeron en todos los estratos de bosque aspecto que podría garantizar su regeneración.

Conclusiones

Existe una gran cantidad de especies útiles en Araceae y Bromeliaceae con una importancia económica muy poco conocida y probablemente subestimada. Las tendencias actuales muestran una gran importancia local de subsistencia en ambos casos, pero también comercial como es el caso específico de las bromeliáceas productoras de fibras. En ambas familias existen muchas especies ornamentales, tanto en bosques húmedos como secos, que requieren la apertura de un mercado local favorable. Sin embargo, se requieren mayores esfuerzos regionales para potenciar su manejo y comercialización. La alta incidencia de bromeliáceas con potencial económico en bosques secos requiere ser promovida en vista a un mejor aprovechamiento y manejo de estos recursos. De esta manera, se pueden crear

alternativas productivas en ecosistemas frágiles, densamente poblados, degradados y donde mayores esfuerzos de conservación son necesarios. Las aráceas se encuentran mayormente en áreas húmedas, tienen una mayor importancia local y no son comercializadas. Sin embargo, sus múltiples propiedades terapéuticas atribuidas en la medicina tradicional y el hallazgo de importantes principios activos, las hacen muy interesantes para la industria farmacéutica. Por último, el uso de inventarios florísticos de este tipo permite efectuar una primera selección de especies útiles con potencial no maderable, mediante la identificación de características en las especies que las hacen aptas para el aprovechamiento de sus poblaciones naturales. Sin embargo, se requieren estudios de densidad y estabilidad de las poblaciones para validar la información obtenida. Además se requiere integrar esta información con información local y socioeconómica, que es esencial para evaluar la importancia de estos recursos y su impacto sobre las poblaciones locales.

Agradecimientos

Agradecemos a K. Bach, J. A. Balderrama, J. Bolding, J. Fjeldså, J. Gonzales, A. Green, S. K. Herzog, B. Hibbits, S. Hohnwald, I. Jimenez, J. C. Ledezma, M. Olivera, A. Portugal, J. Rapp, J. Rodriguez y M. Sonnentag por su ayuda y compañía en el trabajo de campo, T. Croat, H. Luther, E. Gross y P. L. Ibisch por las identificaciones e información. Al Herbario Nacional de Bolivia, La Paz, en particular a S. G. Beck, M. Cusicanqui, A. de Lima, R. de Michel y M. Moraes por el apoyo logístico, Dirección Nacional de Conservación de la Biodiversidad (DNCB), La Paz por los permisos de trabajo y colecta. El trabajo de campo fue financiado por Deutsche Forschungsgemeinschaft, A. F. W. Schimper-Stiftung y el proyecto DIVA bajo el programa Danés de Medio Ambiente.

Referencias

Acebey, A. 2003. Evaluación del potencial de las familias Araceae y Bromeliaceae como fuente de recursos no maderables en Bolivia. Tesis de Maestría, Georg-August Universität, Göttingen. 153 p.

Acebey, A. & T. Krömer. 2001. Diversidad y distribución vertical de epífitas en los alrededores del campamento río Eslabón y de la laguna Chalalán, Parque Nacional Madidi, Dpto. La Paz, Bolivia. Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica 3 (1/2): 104-123.

Akerele, O., V. Heywood & H. Synge. 1991. Conservation of medicinal plants. Proceedings of an intern consultation. Cambridge University Press, Cambridge. 363 p.

Alexiades, M. N. 1999. Etnobotany of the Esse Eja: Plants, Health, and Change in an Amazonian Society. Tesis PhD, The City University of New York, Nueva York. 463 p.

Bach, K., M. Kessler & J. Gonzáles. 1999. Caracterización preliminar de los bosques deciduos andinos de Bolivia en base a grupos indicadores botánicos. Ecología en Bolivia 32: 7-22.

Beck, S. G. 1998. Forestry inventory of Bolivia - An indispensable contribution to sustainable development. Pp. 244-267. En: Barthlott, W. & M. Winiger (eds.). Biodiversity- a challenge for development research and policy. Springer, Berlin.

Bennett, B. 1992. Use of epiphytes, lianas and parasites by the Shuar people of Amazonian Ecuador. Selbyana 13: 99-114.

Bennett, B. 1995. Etnobothany and economic botany of epiphytes, lianas, and other host-dependent plants: An overview. Pp.558-559. En: Lowman, M. D. & N. K. Nadkarni (eds.). Forest Canopies. Academic Press, San Diego.

Bennett, B. 2000. Ethnobotany of Bromeliaceae. Pp. 587-608. En: Benzing, D.H. (ed.). Bromeliaceae profile of an adaptative radiation. Cambridge University Press, Cambridge.

Benzing, D. H. 1980. The biology of the bromeliads. Mad River Press, Eureka, California. 305 p.

Benzing, D. H. 2000. Bromeliaceae profile of an adaptative radiation. Cambridge University Press, Cambridge. 690 p.

Boom, B. M. 1987. Etnobotany of the Chácobo indians, Beni, Bolivia. Advances in Economic Botany 4: 1-68.

Bourdy, G., S. J. De Walt, L. R. Chávez de Michel, A. Roca, E. Deharo, V. Muñoz, L. Valderrama, C. Quevedo & A. Jiménez. 2000. Medicinal plants uses of the Tacana, an Amazonian Bolivian ethnic group. Journal of Ethnopharmacology 70: 87-109.

Bown, D. 1988. Aroids. Plants of the *Arum* family. Timber Press, Oregon. 468 p.

Croat, T. B. 1988. Ecology and life forms of Araceae. Aroideana 11 (3): 4-55.

Croat, T. B. 1998. Tropical Aroids: Taxonomy, Diversity and Ecology. Pp. 235-286. En: Mathew, P. & M. Sivadasan (eds.). Diversity and Taxonomy of Tropical Flowering Plants. Mentor Books, Calicut.

Croat, T. B. & A. Acebey. 2005. New species of Araceae from Bolivia and the tropical Andes. Novon 15: 80-103.

FAO. 1996. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Roma. 336 p.

Ibisch, P. L. 1996. Neotropische Epiphytendiversität: das Beispiel Bolivien. M. Galunder-Verlag, Wiehl.

Ibisch, P. L. & G. Mérida. 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible - Editorial F.A.N., Santa Cruz de la Sierra.

Kessler, M. 2001. Pteridophyte species richness in Andean forests in Bolivia. - Biodiversity and Conservation 10: 1473-1495.

Kessler, M. 2002. Species richness and ecophysiological type among Bolivian bromeliad communities. Biodiversity and Conservation 11: 987-1010.

Kessler, M. & K. Bach. 1999. Using indicator families for vegetation classification in species-rich Neotropical forests. Phytocoenologica 29(4): 485-502.

Kessler, M. & T. B. Croat. 1999. State of knowledge of Bolivian Araceae. Selbyana 20(2): 224-234.

Krömer, T. 2003. Diversität und Ökologie der vaskulären Epiphyten in primären und sekundären Bergwäldern Boliviens. Cuvillier Verlag, Göttingen. 148 p.

Krömer, T. 2004. Diversity and ecology of epiphytic bromeliads along an elevational gradient in the Andes of Bolivia. Journal of the Bromeliad Society 54(5): 217-221, 225.

Krömer, T. & S. R. Gradstein. 2003. Species richness of vascular epiphytes in two primary forest and fallows in the Bolivian Andes. Selbyana 24(2): 190-195.

Krömer, T., M. Kessler, B. K. Holst, H. E. Luther, E. Gouda, P. L. Ibisch, W. Till & R. Vásquez. 1999. Checklist of Bolivian Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. Selbyana 20(2): 201-223.

Lacaze, D. & M. Alexiades. 1995. Salud para todos: plantas medicinales y salud indígena en la cuenca del río Madre de Dios, Perú. Un manual práctico. Cuadernos de Capacitación Popular 46. Federación Nativa del Río Madre de Dios y Afluentes (FENAMAD) y Centro de Estudios Regionales Andinos „Bartolomé de las Casas" (CBC), Madre de Dios. 287 p.

Luther, H. 2002. Miscellaneous new taxa of Bromeliaceae (XVII). Selbyana 23(1): 46-56.

Marmillod, D., R. Villalobos & G. Robles. 1998. Hacia el manejo sostenible de especies vegetales del bosque con productos no maderables: las experiencias del CATIE en esta década. Primer Congreso Latino Américano IUFRO, Valdivia. CD rom.

Plowman, T. 1969. Folk uses of New World aroids. Economic Botany 23: 97-122.

Quevedo, C., G. Bourdy & A. Gimenez. 1999. Tacana. Conozcan nuestros árboles, nuestras hierbas. Centro de información para el desarrollo CID. Universidad Mayor de San Andrés-CIPTA-IRD-FONAMA-EIA, La Paz. 492 p.

Ticktin, T. 2004. Review: The ecological implications of harvesting non-timber forest products. Journal of Applied Ecology 41: 11-21.

VAIPO. 1999. Identificación de necesidades TCO Chiquitanía Ayorea, Area Tobita. Viceministerio de Asuntos Indígenas y Pueblos Originarios, La Paz.

VAIPO. 2000. Informe de necesidades para el territorio indígena Weenhayek, Tarija, Bolivia. Viceministerio de Asuntos Indígenas y Pueblos Originarios. Documento preliminar, La Paz.

Valencia, R., H. Balslev & G. Paz y Mino. 1994. High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. Biodiversity and Conservation 3: 21-28.

Watts, J., P. Scott & J. Mutebi. 1996. Forest assessment and monitoring for conservation and local

use: Experience in three Ugandan national parks. Pp. 212-243. En: Carter, J. (ed.). Recent Approaches to Participatory Forest Resource Assessment. Rural development forestry study guide 2. ODI, Londres.

Wild, R.G. & J. Mutebi. 1996. Conservation through community use of plant resources: establishing collaborative management at Bwindi Impenetrable and Mgahinga Gorilla National Parks, Uganda. People and Plants Working Paper 5. UNESCO. 45 p.

Wolf, J. H. D. & C. J. F. Konings. 2001. Toward the sustainable harvesting of epiphytic bromeliads: a pilot study from highlands of Chiapas, Mexico. Biological Conservation 101: 23-31.

Anexo 1: Lista de especies útiles y de uso potencial en los Andes de Bolivia. Símbolos y abreviaciones: X mayúscula negrita = uso documentado, x minúscula sin negrita = uso potencial; Or = ornamental, Co = comestible, Me = medicinal, Mc = material de construcción, Fi = productoras de fibras, Ot = otros.

Familia/Especie	**Categorías de uso**					**Altitud(m)**
Araceae	Or	Co	Me	Mc	Ot	
Anthurium acebeyae Croat	x					1.400-2.400
Anthurium atropurpureum R. E. Schult. & Maguire			**X**		**X**	200-1.900
Anthurium clavigerum Poepp.		**X**				150-1.500
Anthurium ernestii Engl.			**X**	**X**		1.100-1.400
Anthurium grande N. E. Br. ex Engl.	x					1.200-3.000
Anthurium gracile (Rudge) Schott	**X**		**X**			150-1.550
Anthurium harlingianum Croat	**X**				**X**	575-900 (1.400)
Anthurium incurvatum Engl.	x					2.000-3.200
Anthurium kunthii Poepp.			**X**			200-1.500
Anthurium lechlerianum Schott	x		**X**			(700) 1.200-2.750
Anthurium macleanii Schott	x					(350) 500-1.700
Anthurium oxycarpum Poepp.	x		**X**		**X**	200-1.050
Anthurium paraguayense Engl.	**X**		**X**			200-2.200
Anthurium pentaphyllum (Aubl.) G. Don			**X**			200-1.500
Anthurium polydactylum Madison	x					700-1.500
Anthurium scandens (Aubl.) Engl.		**X**	**X**	**X**		(200) 600-2.550
Anthurium stephanii Croat & Acebey	x					1.700-2.400
Anthurium triphyllum Brongn. ex Schott	x					1.300-3.000
Anthurium uleanum Engl.			**X**			250-1.450
Anthurium versicolor Sodiro	x					450-1.300
Anthurium weberbaueri Engl.	x					1.100-2.850
Anthurium yungasense Croat & Acebey	x					1.200-3.000
Caladium bicolor (Ait.) Vent.	**X**	**X**	**X**		**X**	200-1.500 (2.000)

Dieffenbachia parvifolia Engl.			**X**			220-910
Dieffenbachia williamsii Croat	**X**					200-1.450
Gorgonidium mirabile Schott	x				**X**	2.000-3.350
Gorgonidium vermicidum (Speg.) Bogner & Nicolson			**X**			750-2.000
Homalomena wendlandi Schott	**X**					400-1.100 (1.450)
Monstera adansonii Schott			**X**			200-1.600
Monstera dubia (Kunth) Engl. & K. Krause	**X**		**X**			150-1.450
Monstera lechleriana Schott		**X**	**X**			200-1.500
Monstera obliqua Miq.	**X**		**X**			100-1.350 (1.500)
Monstera spruceana (Schott) Engl.			**X**			150-1.000
Monstera subpinnata (Schott) Engl.			**X**			200-1.500
Philodendron brandtianum K. Kr.	x					150-1.500 (2.000)
Philodendron camposportoanum G. M. Barroso	**X**		**X**	**X**		200-1.500 (1.700)
Philodendron deltoideum Poepp.	x					600-1.800 (2.450)
Philodendron ernesti Engl.			**X**			100-1.450
Philodendron hederaceum (Jacq.) Schott	x		**X**			200-900 (1.567)
Philodendron heterophyllum Poepp.	x		**X**			200-1.500
Philodendron kroemerii Croat & Acebey	x					1.500-2.400
Philodendron lechlerianum Schott	**X**		**X**			200-1.700
Philodendron maximum K. Krause	x		**X**	**X**		125-900
Philodendron megalophyllum Schott	x		**X**	**X**		100-1.400
Philodendron ornatum Schott	**X**					150-2.000
Rhodospatha brachypoda G. S. Bunting	**X**					400-1.100
Rhodospatha latifolia Poepp.	**X**		**X**			200-1.500
Rhodospatha mukuntakia Croat	x					180-900
Spathanteum orbignyanum Schott	x				**X**	2.000-3.200
Stenospermation flavescens Engl.	x					1.000-1.500
Stenospermation killipii Croat & A. P. Gomez	x					(700) 1.600-2.100
Stenospermation mathewsii Schott	x					1.100-1.900
Stenospermation dictyoneurum Croat & Acebey	x					1.300-1.850
Stenospermation rusbyi N.E. Br.	x					700-3.000
Synandrospadix vermitoxicus (Griseb.) Engl.	x	**X**			**X**	400-2.600
Syngonium podophyllum Schott	**X**	**X**	**X**		**X**	200-1.500
Syngonium yurimaguense Engl.	x		**X**			200-1.050
Taccarum weddellianum Brongn. ex Schott			**X**		**X**	200-1.500
Xanthosoma hylaeae Engl. & K. Krause	x	x?	**X**			250-1.600 (2.000)
Xanthosoma poeppigii Schott	x	**X**	**X**			600-1.250
Xanthosoma puberulum Croat	x	x				1.400-3.000
Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott & Endl.		**X**	**X**		**X**	400-1.600
Xanthosoma seidelii Croat	x					400-1.400
Total 63	**47**	**9**	**33**	**5**	**10**	

Bromeliaceae	**Or**	**Co**	**Me**	**Fi**	**Ot**	
Aechmea angustifolia Poepp. & Endl.	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	150-1.300
Aechmea bromelifolia (Rudge) Baker	**X**				**X**	200-1.350
Aechmea distichantha Lem.	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	200-1.900
Aechmea kuntzeana Mez	**X**					150-1.000
Billbergia cardenasii L. B. Sm.	x					-
Billbergia decora Poepp. & Endl.	**X**				**X**	2.400
Billbergia issingiana T. Krömer & E. Gross	x					1.100-1.300
Billbergia microlepis L. B. Sm.	x					700-1.500
Bromelia serra Griseb.	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	150-1.400
Deuterocohnia longipetala (Baker) Mez	**X**			**X**		300-2.100
Dyckia leptostachya Baker	**X**					350-500
Guzmania gloriosa (André) André ex Mez	**X**					1.300-1.600
Guzmania lingulata (L.) Mez	**X**					500-1.450
Guzmania marantoidea (Rusby) H. Luther	x					1.300-2.650
Guzmania melinonis Regel	**X**				**X**	300-1.200
Guzmania monostachia (L.) Rusby ex Mez	**X**		**X**			1.300
Guzmania squarrosa (Mez & Sodiro) L. B. Sm. & Pittendr.	**X**					1.850-2.700
Pitcairnia amboroensis Ibisch, Vásquez, Gross & Kessler	x					500-600
Pitcairnia britoniana Mez	x					1.000-2.000
Pitcairnia heydlauffii R. Vásquez & P. Ibisch	x					500-1500
Pitcairnia kromerii H. Luther	x					~700
Pitcairnia rigida Mez	x					~2.500
Pitcairnia riparia Mez	x					~1.500
Pseudananas sagenarius (Arruda) Camargo	**X**	**X**		**X**		200-850
*Puya ferruginea (*Ruiz & Pav.) L. B. Sm.					**X**	1.150-3.800
Puya herzogii Wittm.					**X**	3.300-3.950
Puya hromadnikii Rauh	**X**					2.550-2.700
Puya minima L. B. Sm.	x					2.500-2.650
Puya prosanae Ibisch & E. Gross	x					3.500-3.800
Puya raimondii Harms		**X**	**X**		**X**	3.000-4.200
Puya tunariensis Mez					**X**	3.150-3.800
Puya weberbaueri Mez					**X**	-
Racinaea seemanii (Baker) M. A. Spencer & L. B. Sm.	**X**					2.100-3.500
Racinaea tetrantha Ruiz & Pav.	**X**					2.400-2.750
Tillandsia acuminata L. B. Sm.	x					2.000-2.750
Tillandsia aizoides Mez	x					2.100-2.800
Tillandsia argentina C. H. Wright	**X**					800-1.950
Tillandsia biflora Ruiz & Pav.	**X**				**X**	2.100-2.800
Tillandsia complanata Benth.	**X**				**X**	1.050-2.900
Tillandsia capillaris Ruiz & Pav.			**X**			900-4.000

Tillandsia didisticha (E. Morren) Baker	**X**		**X**		**X**	200-2.450
Tillandsia duratii Visiani	**X**		**X**		**X**	400-2.250
Tillandsia edithae Rauh	**X**					750-2.700
Tillandsia engleriana Wittmack	x					1.700-2.400
Tillandsia erici Ehlers	x					1.800-2.200
Tillandsia fendleri Griseb.	**X**					700-2.200
Tillandsia gerdae Ehlers	x					2.000-2.600
Tillandsia hegeri Ehlers	x					270-2.750
Tillandsia ionochroma André ex. Mez	**X**				**X**	2.000-3.600
Tillandsia ixioides Griseb.	**X**					1.700-2.200
Tillandsia jucunda A. Cast.	**X**					2.300-2.700
Tillandsia juncea (Ruiz & Pav.) Poir	**X**					0-2.000
Tillandsia loliacea Mart. ex Schult. & Schult.f.			**X**		**X**	200-1.400 (-2.200)
Tillandsia lotteae H. Hrom.	x					(900) 1.550-2.900
Tillandsia paraensis Mez	**X**					150-900
Tillandsia platyrachis Mez	**X**					900
Tillandsia pohliana Mez	**X**					250-1.700
Tillandsia polystachia (L.) L.	**X**					250-1.200
Tillandsia rauschii Rauh & Lehmann	**X**					2.500?
Tillandsia recurvata (L.) L.		**X**	**X**		**X**	200-3.100
Tillandsia recurvifolia Hook.	**X**		**X**			1.200-1.550
Tillandsia reichenbachii Baker	x					200-250
Tillandsia rubella Baker	x	**X**				1.800-3.000
Tillandsia rusbyi Baker	x					1.800
Tillandsia sphaerocephala Baker	**X**				**X**	1.400-3.750
Tillandsia streptocarpa Baker	**X**					400-2.700
Tillandsia tenuifolia L.	x					450-2.800
Tillandsia tricholepis Baker	x					200-2.600
Tillandsia usneoides (L.) L.	**X**		**X**	**X**	**X**	1.100-3.800
Tillandsia vernicosa Baker	**X**		**X**		**X**	200-2.400
Tillandsia walteri Mez	**X**					2.500-3.000
Tillandsia xiphioides Ker-Gawler	**X**		**X**			800-3.200
Vriesea heliconioides Kunth	**X**					450
Vriesea incurva (Griseb.) Read	**X**					700-950
*Vriesea maxoniana (*L. B. Sm.) L. B. Sm.	x					500-1.550
Total 75	**67**	**7**	**14**	**6**	**21**	

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 449-457.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres

Angel Mujica[1] & Sven-E. Jacobsen[2]

[1]Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
email: amhmujica@yahoo.com
[2]Universidad Real de Agricultura y Veterinaria, Taastrup, Dinamarca
email: seja@kvl.dk

Abstract

The diversity in uses of quinoa and the wild relatives of quinoa (*Chenopodium carnosolum, C. petiolare, C. pallidicaule, C. hircinum, C. quinoa* subsp. *melanospermum, C. ambrosoides* and *C. incisum*) is wellknown to the Andean farmers, who are able to distinguish between species and ecotypes, and to differentiate in food preparation and for medicine, ritual events and processing. The *Chenopodium* species are used either as whole plant or part of the plant. We find diversity in plant and inflorescence form (branched to simple), plant size (up to 2 m), inflorescence colour (white, yellow, black), earliness (3-8 m.), seed size (up to 3.5 mm), and other agronomic and genetic characters, from the cultivated species as well as wild ancestors. The greatest diversity of quinoa is found in the aynokas, that is communal fields in farmers´ communities, which will serve for conservation and use of quinoa and other *Chenopodium* species in the future.
Keywords: *Chenopodium quinoa,* Diversity, Wild relatives.

Resumen

La diversidad y variabilidad en usos de la quinua y los parientes silvestres (*Chenopodium carnosolum, C. petiolare, C. pallidicaule, C. hircinum, C. quinoa* subsp. *melanospermum, C. ambrosoides* y *C. incisum*) son debidamente conocidas y utilizadas por los campesinos andinos, puesto que cada especie y ecotipo es utilizado en forma diferenciada en la alimentación, medicina, ritual y en la transformación. El uso de las especies de *Chenopodium* es como planta entera o parte de la misma. Podemos encontrar la diversidad de formas (ramificada o sencilla), tamaño (hasta 2 m), color de la panoja (blanca, amarilla, morena, negra), diversidad en precocidad (3-8 meses), tamaño de grano (hasta 3.5 mm), formas de inflorescencia, características agronómicas diferenciales como son estrías en el tallo, parámetros genéticos, componentes de rendimiento y otras, de la especie cultivada, así como la diversidad de los parientes silvestres y escapes de cultivo. Encontramos la mayor diversidad de la quinua en los aynokas, los campos comunales de las comunidades campesinas, que nos servirá en el futuro para conservar y usar la quinua y sus parientes silvestres.
Palabras clave: *Chenopodium quinoa,* Diversidad, Parientes silvestres.

La quinua

Los nombres comunes de la quinua son: kinua, quinua, parca, quiuna (idioma quechua); supha, jopa, jupha, jiura, aara, ccallapi y vocali (aymara); suba y pasca (chibcha); quingua (mapuche); quinoa, quinua dulce, dacha, dawe (araucana); jupa, jara, jupa lukhi, candonga, licsa, quiñoa. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se cultiva en todos los Andes, principalmente del Perú y Bolivia, desde hace más de 7.000 años por culturas preincas e incas. Históricamente la quinua se ha cultivado desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile desde el nivel del mar hasta los 4.000 m, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500-3.800 m con una precipitación pluvial anual entre 250 y 500 mm y una temperatura media de 5-14 ºC. En América Latina, Bolivia es el país con mayor exportación como quinua orgánica a USA y países europeos.

La importancia de la quinua reside en la alta calidad como alimento, la utilización completa de la planta y su amplia adaptación a condiciones agroecológicas. Su utilización racional está

orientada a rescatar el sistema tradicional del cultivo de quinua, que es el manejo ecológico de suelos, plagas y enfermedades con la perseverancia en el sistema tradicional de los agricultores de este cultivo. La quinua está considerada como el alimento más completo para la nutrición humana basada en proteínas de la mejor calidad en el reino vegetal por el balance ideal de sus aminoácidos esenciales (Tabla 1), ácidos grasos como omega 3, 6 y 9, en forma equilibrada (Tablas 2-3), vitaminas (Tabla 4), y minerales como el calcio y el hierro (Tabla 5). Por la importancia que posee este grano andino, existen bancos de germoplasma en diferentes instituciones tales como el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA), la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, y el Centro de Investigación en Cultivos Andinos (CICA), Cusco) que posee un total de 3.000 accesiones, procedentes de diferentes condiciones agroecológicas. La quinua se utiliza en la alimentación humana, en el desayuno de los niños como producto balanceado con otros granos, en sopas, lawas, guisos, pesque, quispiña, api, chicha blanca, chaulafan de quinua en el Ecuador, humita dulce de quinua en Bolivia, galletas, panes, tortillas y postres, por enumerar algunas de los preparados tradicionales en los países andinos. En la medicina, se le atribuyen propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas y desinfectantes. Por la importancia nutricional atribuida a la quinua es demandada últimamente por Alemania, Dinamarca, Francia, Japón, Gran Bretaña y USA. Como potencial económico de la quinua se utiliza todo hasta el polvillo desaponificado en la alimentación animal y las hojas frescas en la alimentación humana, que comparativamente es superior a las hojas de la espinaca en contenido de proteínas.

Tabla 1: Contenido de aminoácidos en los granos (mg de amino ácido / 16 g de nitrógeno) (Repo-Carrasco *et al.* 2003).

	Quinua	**Kañiwa**	**Kiwicha**	**Arroz**	**Trigo**
Ácido aspártico	7.8	7.9	7.4	8.0	4.7
Treonina	3.4	3.3	3.3	3.2	2.9
Serina	3.9	3.9	5.0	4.5	4.6
Ácido glutámico	13.2	13.6	15.6	16.9	31.3
Prolina	3.4	3.2	3.4	4.0	10.4.
Glicina	5.0	5.2	7.4	4.1	6.1
Alanina	4.1	4.1	3.6	5.2	3.5
Valina	4.2	4.2	3.8	5.1	4.6
Isoleucina	3.4	3.4	3.2	3.5	4.3
Leucina	6.1	6.1	5.4	7.5	6.7
Tirosina	2.5	2.3	2.7	2.6	3.7
Fenilalanina	3.7	3.7	3.7	4.8	4.9
Lisina	5.6	5.3	6.0	3.2	2.8
Histidina	2.7	2.7	2.4	2.2	2.0
Arginina	8.1	8.3	8.2	6.3	4.8
Metionina	3.1	3.0	3.8	3.6	1.3
Cistina	1.7	1.6	2.3	2.5	2.2
Triptófano	1.1	0.9	1.1	1.1	1.2
% N del grano	2.05	2.51	2.15	1.52	2.24
% proteína	12.8	15.7	13.4	9.5	14.0

Los parientes silvestres de la quinua

El centro de mayor diversidad de las Chenopodiaceae es el Altiplano peruano-boliviano. La mayor diversidad de los parientes silvestres de quinua se encuentra en las aynokas, que son sistemas ancestrales de organización campesina con múltiples y diferentes finalidades: seguridad alimentaria, manejo racional de suelos y plagas, conservación de la diversidad genética *in situ*, manejo altitudinal y uso racional de la diversidad (Ichuta & Artiaga 1986). Entre éstas y la más importante es la conservación *in situ* de la diversidad genética, tanto cultivada como de sus parientes silvestres. Estos sistemas están ampliamente distribuidos en la zona andina recibiendo diferentes nombres como son mandas y laymes (Mujica & Jacobsen 2000), variando en su organización de acuerdo a las zonas agroecológicas. Se puede encontrar características de la especie cultivada – como la diversidad de formas, tamaños y colores, diversidad en precocidad, tamaño de grano, formas de inflorescencia, características agronómicas diferenciales como son estrías en el tallo, parámetros genéticos y componentes del rendimiento (Mujica 1988) y otras – y también la diversidad de los parientes silvestres y escapes de cultivo. Sin embargo, debido al avance tecnológico e introducción de nuevas variedades, estos sistemas están en proceso de erosión y pérdida, porque el desarrollo actual es avasallador y drástico, provocando su desintegración y resquebrajamiento en la organización, aunada a la pérdida de la cultura e identidad andinas.

También podemos encontrar a los parientes silvestres en forma aislada, ya sea en los bordes de las chacras o lugares considerados sagrados, que son reductos donde se desarrollan y son cuidados por los propios campesinos. En muchos casos están utilizados en la alimentación, como medicina o para usos rituales, sobretodo en épocas de extrema sequía o desastres climáticos característicos de la zona altiplánica de Perú y Bolivia. Estos lugares reciben el nombre de Gentil Wasi o Phiru.

Materiales y métodos

El trabajo de evaluación de la diversidad de los parientes silvestres de quinua se efectuó durante los meses de febrero a mayo del 2002 al 2005 en las aynokas representativas del Altiplano peruano, como son: Ichu (Puno); Juli (Chucuito), Macaya (Azángaro), Macari

Tabla 2: Comparación de la composición del aceite de quinua con otros aceites vegetales (%) (Repo-Carrasco *et al.* 2003).

	Ácidos grasos						
Especies y variedades de quinua	**Esteárico C18:0**	**Oleico C18:1**	**Linoleico C18:2**	**Linolénico C18:3**	**Eicosanoicos C20**	**Docosanoicos C22**	**Tretacosanoicos C24**
Quinua: Sajama	0.7	23.8	46.2	9.5	2.8	3.0	0.9
Porotok	0.7	22.2	55.2	4.3	2.6	2.5	0.6
Imbaya	0.7	26.8	50.6	3.9	2.4	2.5	0.6
Cochasquí	1.2	25.0	48.6	3.9	2.8	2.9	0.6
Promedio	0.8	24.5	50.2	5.4	2.7	2.7	0.7
Soya	4.4	21.6	55.2	9.4			
Maní	2.0	44.7	35.8		4.2	3.4	1.9
Oliva	2.8	79.4	7.6	0.6			
Palma	2.9	18.1	2.9				
Coco	2.8	5.9	1.0				

Tabla 3: Comparación de los contenidos de grasas en algunas plantas y los rendimientos de aceite vegetal (Repo-Carrasco *et al.* 2003).

Especie	Contenido de grasa (%)	Rendimiento de aceite (kg/ha)	
		General	Ecuador
Maíz	2–5	20–50	34–85
Quinua	2–10	80–400	9-45 / 11-280
Soya	15–18	350–425	270–300
Algodón	16–24	140 –2.100	
Girasol	33–51	33–510	
Maní	26–48	260–480	
Palma	15–26	2.000–6.000	583–3.477

Tabla 4: Valores comparativos del contenido de algunas vitaminas del grano de la quinua y de otras fuentes vegetales (ppm en base de materia seca) (Repo-Carrasco *et al.* 2003). (a) Promedios de datos: Duke & Atchley (1986), Risi & Galwey (1984), Romero (1981), (b) Duke & Atchley (1986).

Vitamina (a)	Quinua (a)	Arroz (b)	Cebada (b)	Fríjol (b)	Papa (b)	Trigo (b)
Niacina	10.7	57.3	58.3	25.7	51.8	47.5
Tiamina (B1)	3.1	3.5	3.3	5.3	4.4	6.0
Riboflavina (B2)	3.9	0.6	1.3	2.1	1.7	1.4
Acido Ascórbico (C)	49.0	0	0	22.5	693.8	0
Alfa-Tocoferol (E)	52.3					
Carotenos (Precursor vitamina A)	5.3	0	3.7	0.1	0.3	0

Tabla 5: Contenido de minerales en la quinua y otros especies ((mg / 100 g de materia seca) (Repo-Carrasco *et al.* 2003). Símbolos: * Collazos 1993, ** Becker *et al.* 1981, *** Wahli 1990, n.r.= no reportado.

	Trigo	Cebada	Avena	Centeno	Arroz	Quinoa	Kañiwa	Kiwicha
Ca	48	52	94	49	15	94 *	110 *	236 *
Mg	152	145	138	138	118	270***	n.r.	244 **
Na	4	49	28	10	30	11.5***	n.r.	31 **
P	387	356	385	428	260	140 *	375 *	453 *
Fe	4.6	4.6	6.2	4.4	2.8	16.8 *	15.0 *	7.5 *
Cu	0.6	0.7	0.5	0.7	0.4	3.7***	n.r.	1.21 **
Zn	3.3	3.1	3.0	2.0	1.8	4.8***	n.r.	3.7 **

(Melgar), Lampa grande (Pomata) y Calacoto (Yunguyo). Las altitudes variaron desde los 3.820 hasta los 3.950 m. Se efectuaron visitas en diferentes etapas fenológicas del cultivo con la finalidad de evaluar la diversidad genética de la especie cultivada y de sus parientes silvestres, mostrada por sus características fenotípicas y principales parámetros genéticos. También se efectuaron colectas de esta diversidad para luego ser herborizada y efectuar estudios más detallados sobre morfología de la planta, inflorescencia, semilla y otras características. Los caracteres fenotípicos utilizados para la evaluación fueron: Forma, tamaño y color de la raíz; forma, tamaño, color del tallo; color de axilas foliares, color y forma de las estrías; forma, tamaño, color bordes (dentado, aserrado o liso); tamaño del peciolo en las hojas; forma, tamaño y color de la inflorescencia; forma, tamaño, color de grano; color de episperma; tamaño del pedicelo; y borde del grano. Para ello se utilizaron los descriptores morfológicos modificados (Mujica 2004) por el autor, prensas adecuadas al tamaño de la planta, altímetro y materiales de colecta de germoplasma.

Resultados

La diversidad genética de las silvestres encontrada es la siguiente:

1. *Chenopodium carnosulum* Moq. con diez genotipos diferentes en las características estudiadas. Es una especie diploide con 2n=2x=18 cromosomas, caracterizada por su crecimiento postrado, con muchas ramificaciones de diferentes colores tanto de hoja como de tallo, con hojas carnosas y suculentas. Se ha encontrado en algunos casos creciendo dentro de los totarales, sumergida en el agua, con gran tolerancia al exceso de humedad y a la salinidad (Mujica *et al.* 2000). Crece en las partes más inundables, cercanas al lago Titicaca, bordes de los ríos y zonas húmedas, soportando gran parte del tiempo el exceso de humedad y elevada concentración salina (Mujica *et al.* 1999), incluso crece sobre los depósitos de sal en los bordes del lago. Las semillas producidas en forma abundante son de color oscuro, muy pequeñas y se desprenden prontamente del perigonio una vez que alcanza la madurez. El fruto presenta gran dehiscencia y las semillas son diseminadas fácilmente por el agua, el viento y animales que la consumen, principalmente ovinos y cerdos a orillas del Titicaca.
   Las hojas son utilizadas en la alimentación humana como verdura, denominándose en el idioma nativo choq'a chiwa (verdura de los patos del lago). Se nota una alta concentración salina en las hojas, incluso al ser probado en forma cruda, debido a que acumula sales principalmente sodio y cloro. En algunos casos, se ha observado plantas de hasta 0.60 cm de altura sobre todo cuando crece apoyada en la totora.
2. *Chenopodium petiolare* Kunth con siete genotipos diferentes y es también una especie diploide con 2n = 2x = 18 cromosomas, caracterizada por su crecimiento erecto, poco ramificado y panoja laxa, teniendo ubicación de los glomérulos muy distanciados dentro de la inflorescencia. Esta especie está presente al interior de los campos cultivados de quinua y posiblemente acompañe a los lugares de distribución de la quinua (Mujica *et al.* 2001). Fue observada desde 3.830 hasta 3.900 m, mostrando gran variación fenotípica y confundiéndose con la quinua cultivada, no solo por su apariencia y coloración de planta, sino también por su forma muy erecta y con pocas ramificaciones. Presenta en la madurez gran dehiscencia de las semillas, las mismas que aun permanecen envueltas en su perigonio, mostrando semillas de color negro y de tamaño muy pequeño con alta concentración en saponina. Se utiliza la planta tierna en la alimentación del ganado y sus hojas tiernas

como verdura de hoja en la alimentación humana. Los granos se usan en la alimentación para elaborar el quispiño (panecillo de color oscuro elaborado de dicha harina) y también tiene uso medicinal, principalmente para fracturas de huesos.

3. *Chenopodium pallidicaule* Aellen con 50 genotipos diferentes, son plantas erectas (sayhuas), semierectas (lastas) y postradas (pampa lastas), su variación está en la coloración de la planta, ramificación y tamaño (Mujica *et al.* 2002). Esta especie se ubica mayormente en las partes más altas de la aynoka, por su resistencia al frío y a granizadas. Se puede observar que la variación dentro de la aynoka también está en función a la precocidad y zonas más expuestas al frío intenso. Esta especie es diploide con 2n = 2x = 18 cromosomas. Dentro de esta especie, se encuentran genotipos ancestrales como mama cañihua y machu cañihua, que crecen en lugares donde hubo asentamientos humanos abandonados, junto a corrales y cercos. Son plantas postradas de crecimiento reducido y de colores intensos en la madurez, también presentan color lila, que no es muy común en las cultivadas, con semillas muy pequeñas, completamente dehiscentes y fuertemente resistentes al frío. Sus semillas se utilizan con fines medicinales sobre todo para curar la anemia y postparto de mujeres; la harina se utiliza para evitar el mal de altura y como energizante poderoso en personas que han efectuado viajes prolongados y se encuentran convalescientes.

   Entre estas tres especies diploides y posiblemente durante la evolución de la quinua, hayan participado con aportes significativos en su genoma para que la quinua cultivada tenga gran tolerancia a la sal probablemente de *C. carnosulum*, resistencia a la sequía de *C. petiolare (*Mujica & Jacobsen 1998*)* y resistencia al frío de *C. pallidicaule.*

4. *Chenopodium hircinum* Schrad., con características peculiares tanto en planta como en semillas. Sus semillas son oscuras y los granos están fuertemente adheridos al perigonio; su dehiscencia les permite su fácil dispersión. Se han encontrado 18 genotipos, cuyas diferencias están en el color de grano, en el color de la planta, hojas más oscuras y más gruesas, luego su raíz más profunda y ramificada, aunque la planta con menor número de hojas y semillas. Es una especie tetraploide con 2n=4x=36 cromosomas y vendría a ser el ancestro cercano de la quinua cultivada por su similitud cromosómica y fenotípica (Jacobsen & Mujica 2002). Presenta gran resistencia a la sequía, incluso en casos extremos de falta de precipitación pluvial, cuando llega a eliminar gran parte de las hojas inferiores hasta quedarse sin hojas para reducir la transpiración. Sin embargo, produce semillas debido a un reemplazo de la fotosíntesis laminar por la del tallo y la panoja. Esta especie presenta una inflorescencia glomerulada compacta, similar a la de la cultivada, tanto en apariencia fenotípica como en la forma de la panoja. La diferencia estaría en la fuerte dehiscencia de las semillas antes de llegar a la madurez fisiológica, coloración oscura de la semilla y menor tamaño de las semillas. También presenta alta concentración de saponina. Se utiliza principalmente para elaborar quispino, que es de color oscuro y sabor diferente a los demás, así como tiene fines medicinales para el control de males hepáticos y mal de viento.

5. *Chenopodium quinoa* ssp. *melanospermum* Hunz. con 2n = 4x = 36 cromosomas. Presenta una raíz más profunda y ramificada, semillas oscuras con granos grandes, fuertemente adheridos al perigonio, menor dehiscencia y similar en morfología y fenología a la quinua cultivada. En sequías severas es las que

mejor desarrollo tiene. A nuestro entender, vendría a ser escape del cultivo de la quinua que estaría entrecruzando en forma natural, tanto con la especie cultivada como con la silvestre, ya sea *C. hircinum* o sus parientes diploides anteriormente descritos. Por ello, es frecuente encontrar siempre plantas silvestres (ayaras) en los campos cultivados y granos negros en las inflorescencias blancas de la especie cultivada. Se han encontrado 40 genotipos diferentes, cuya coloración de semilla oscura varía desde el negro hasta el marrón claro, pasando por colores intermedios como amarillo oscuro o morado negruzco. Los agricultores generalmente la cosechan junto a la cultivada por ser similar en tamaño de grano, forma de planta, arquitectura de los glomérulos dentro de la panoja y otras características, aunque sostienen que tiene mayor valor nutritivo. Por ello, es difícil eliminarla de los campos de cultivo. Se registraron también una gran diversidad de usos tanto de las hojas, plántula, inflorescencias, semillas y de la broza. Los usos fueron las hojas como verdura, la plántula como ingrediente de sopas, la inflorescencia como arrebozado, las semillas para elaborar kispiño (panecillo cocido al vapor y de color oscuro) y la broza para alimentación de animales rumiantes (vacuno y ovino).

6. *Chenopodium ambrosioides* L., aunque el número cromosómico es diferente al de la quinua, ya que es una especie diploide con 2n=2x=16 cromosomas, pertenece a sección Ambrina. Se la encuentra en los bordes de los lugares de cultivo, siendo también utilizadas sus hojas en la alimentación humana y por su alto contenido de aceites esenciales en la medicina tradicional para la eliminación de parásitos intestinales, como amebas en las zonas tropicales. Presenta hojas aserradas y dentadas, de crecimiento erecto o postrado, dependiendo de la zona donde se la encuentra. Está postrada en zonas secas y frías, mientras que es erecta en los valles interandinos y zonas abrigadas. Algunos genotipos presentan raíces profundas muy ramificadas y en algunos casos de reserva, que les permite tener hábito perenne. La coloración tanto de las hojas como del tallo es variable desde el verde, pasando por el anaranjado hasta el púrpura. Produce bastantes semillas muy pequeñas, de coloracion oscura y de fácil dispersión por la dehiscencia de sus semillas que van adheridas al perigonio.

   Se han encontrado ocho genotipos diferentes que varían en la coloración de la planta, concentración de aceites esenciales y en las ramificaciones y formas de la inflorescencia.

7. *Chenopodium incisum* Poir. es una especie diploide 2n = 2x = 18 y se encuentra en bordes de chacras de los valles interandinos. Recién hemos determinado en base al herbario Vargas de Cusco que la especie corresponde a *C. incisum* y no a *C. graveolens* como se había pensado hasta ahora. Se caracteriza por tener hojas más dentadas y grandes que la anterior, con olor característico que se desprende incluso cuando se la toca. Es utilizada como condimento en la alimentación humana, tanto en la preparación de sopas de maíz como de chuño. Así mismo se la usa en la medicina para eliminar parásitos gastrointestinales del hombre y animales, recibiendo el nombre de asna paicco. Crece en forma permanente, debido a su raíz de reserva. En México se la conoce como epazote zorrillo por el fuerte olor que desprende y se usa para contrarrestar el mal producido por amebas, que son propias de zonas tropicales.

   La variación encontrada de la especie cultivada y de los parientes silvestres en las aynokas, supera a la colección núcleo *(core collection)* que se tiene en los bancos de germoplasma, p.e. en la Universidad

Nacional del Altiplano (Puno), la Universidad Nacional Agraria la Molina (Lima) y PROINPA (La Paz), tanto bases como activos y de trabajo. Esto nos estaría indicando que la aynoka de quinua viene a constituir la zona de conservación de la diversidad genética más representativa de la especie domesticada (Ortiz *et al.* 1999) y de sus parientes silvestres.

Conclusiones

Se han encontrado siete especies de parientes silvestres de la quinua en las aynokas estudiadas y una gran variabilidad dentro de cada especie: *Chenopodium carnosulum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* ssp. *melanospermum*, *C. ambrosioides* y *C. Incisum*. La aynoka es el banco de germoplasma en cultivo (*in situ*) de la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres con los cuales está estrechamente relacionada y en algunos casos entrecruzándose para mantener la variabilidad genética que la caracteriza. También corresponde al espacio de conservación de diversidad genética representativa de la quinua y sus parientes silvestres, encontrando mayor número a la colección núcleo determinada para esta especie.

En la evolución de la quinua posiblemente han participado *C. carnosulum*, por ello su gran tolerancia a la salinidad, *C. petiolare*, por su resistencia a la sequía y *C. pallidicaule* para resistir contra el frío. Será de importancia para el futuro mantener a las aynokas para no perder la variabilidad y conservar *in situ* la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres.

Referencias

Becker, R., Wheeler, K., Lorenz, A., Stafford, O., Grosjean, A., Betschart, A. & R. Saunders. 1981. A compositional study of amaranth grain. Journal of Food Science 46: 1175-1180.

Collazos, C. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta edición. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición, Banco Central de Reserva, Lima.

Duke, J.A. & A.A. Atchley. 1986. CRC Handbook of proximate analysis of plants. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.

Ichuta, F. & E. Artiaga. 1986. Relación de géneros en la producción y en la organización social en comunidades de Apharuni, Totoruma, Yauricani-Ilave. Informe para optar el grado de Bachiller en Trabajo Social. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 86 p.

Jacobsen, S.-E. & A. Mujica. 2002. Genetic resources and breeding of the Andean grain crop quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Plant Genetic Resources Newsletter (130): 54-61.

Mujica, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de doctorado, Colegio de Postgraduados, Chapingo. 158 p.

Mujica, A. 2004. Descriptores para la caracterización de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). pp.121-136 En: Memorias del Seminario-Taller Nacional sobre Caracterización de los Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres en el Perú. INIA, PNUD-Proyecto *In situ*. Chosica, 19-20 mayo 2004, Lima.

Mujica, A. & S.-E. Jacobsen. 1998. Resistencia a sequía de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Escuela de Postgrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 6 p.

Mujica, A. & S.-E. Jacobsen. 2000. Agrobiodiversidad de las Aynokas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la seguridad alimentaria. pp. 151-156 En: C. Felipe-Morales & A. Manrique (eds.). Proc. Seminario Taller Agrobiodiversidad en la Región Andina y Amazónica. 23-25 noviembre. 1988, NGO-CGIAR, Lima.

Mujica, A., R. Ortiz, R. Chura, V. Aguilar, A. Arias, A. Aguirre, L. Avila, L. Barcena, B. Carpio, M. Condori, M. Duenas, M. Ordonez, J. Zapana & J. Rossel. 1999. Conservación *in situ* y uso potencial de Chocca Chiwa (*Chenopodium carnosolum* Moq.). pp. 116-117 En: Resúmenes VIII Congreso Nacional de Botánica. 24-28 abril, Arequipa.

Mujica, A., R. Ortiz & S.-E. Jacobsen. 2000. Uso potencial de *Chenopodium carnosolum* Moq. en zonas áridas. pp.16-21 En: Resúmenes II

Congreso Internacional de Zonas Áridas, Iquique.

Mujica, A., J. Izquierdo & J.P. Marathee. 2001. Origen y descripción de la quinua. pp. 9-29 En: Mujica, A., S. E. Jacobsen, J. Izquierdo & J. P. Marathee (eds.) Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Ruturo. FAO, UNA, Puno, CIP. Santiago de Chile.

Mujica, A., R. Ortiz, J. Rossel, V. Apaza & A. Canahua. 2002. Investigaciones de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) en Puno, Perú. Centros e Institutos de Investigación, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 97 p.

Ortiz, R., S. Madsen, E. Ruiz-Tapia, S.-E. Jacobsen, A. Mujica-Sanchez, J.L. Christiansen & O. Stølen. 1999. Validating a core collection of Peruvian quinoa germplasm. Genetic Resources and Crop evolution 46: 285-290.

Repo-Carrasco, R., C. Espinoza & S.-E. Jacobsen. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19: 179-189.

Risi, J. & N. W. Galwey. 1984. The *Chenopodium* grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. Adv. Applied Biology 10: 145-217.

Romero, J.A. 1981. Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de ocho variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis de Maestro, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Universidad de San Carlos, Guatemala.

Wahli, C. 1990. Quinua-hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A., Quito. 206 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 458-482.

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres

Sven-E. Jacobsen[1] & Angel Mujica[2]

[1]Universidad Real de Agricultura y Veterinaria, Taastrup, Dinamarca
email: seja@kvl.dk
[2]Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
email: amhmujica@yahoo.com

Abstract

The leguminous species *Lupinus mutabilis* (tarwi) is cultivated traditionally in the Andes above 1,500 m, from Venezuela to Chile and Argentina. The seeds are used for food, being among the most important globally with respect to protein and oil content. However, the seeds need a processing before consumption due to antinutritional substances which work in the plants' chemical self-defense against insects. The most important of these substances are the alcaloids sparteine, lupinine and lupanidin, which actually are used to control bugs and gastrointestinal worm in domestic animals. Industrially, the flour of tarwi is added with up to 15% to bread-making, improving the energy and protein value, as well as conservation of the bread due to retrogradation of starch. Because of the high oil and protein content the crop is considered to be the soybean of the Andes. Added to these qualities are easy preparation and low cost. A set of recipes are given for dishes and drinks involving tarwi.
Key words: *Lupinus mutabilis*, Diversity, Distribution, Use & nutritional value, Recipes.

Resumen

La especie de leguminosa - *Lupinus mutabilis* (tarwi) - se cultiva tradicionalmente en los Andes desde los 1.500 m, encontrándose en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Sus semillas son usadas en la alimentación humana, ya que esta especie ocupa uno de los primeros lugares entre los alimentos nativos con elevado contenido de proteínas y aceites a nivel mundial. Sin embargo, el grano requiere un tratamiento previo para su consumo, siendo necesario eliminar las sustancias antinutricionales que contiene y que le permiten a la planta disponer de defensas naturales contra el ataque de insectos. Estas sustancias son alcaloides formados por esparteína, lupinina, lupanidina, entre los principales, los cuales actualmente son utilizados para controlar garrapatas y parásitos gastrointestinales, como lombrices en los animales domésticos. Industrialmente se ha obtenido harina de tarwi y con ella se amplía su uso en la panificación, utilizando hasta un 15% con la ventaja de mejorar considerablemente el valor proteico y calórico, asimismo permite mayor conservación del pan debido a la retrograduación del almidón. También su importancia radica en la elevada cantidad de aceite que contienen sus semillas, por ello es considerada como la soya de los Andes. Reviste importancia en la alimentación humana por ser un alimento altamente nutritivo y de gran facilidad de preparación, así como bajo costo, pudiendo prepararse una gama de platillos: entradas, sopas, guisos, postres y bebidas.
Palabras clave: *Lupinus mutabilis*, Diversidad, Distribución, Uso y valor nutritivo, Recetas.

Introducción

La gran diversidad genética de los cultivos andinos encontrada en la zona andina demuestra ser una de las áreas de mayor diversidad y variabilidad de muchas especies nutracéuticas andinas no solo por la cantidad observada, sino por la gran acumulación de saberes sobre su cultivo, conservación y variadas formas de uso aún mantenidas en la cultura andina. Eso nos muestra con mucha claridad el desarrollo armónico logrado por las culturas andinas, que no solo domesticaron,

sino también conservaron y utilizaron ampliamente esta diversidad, aunada a un conocimiento profundo de su conservación y empleo racional. Estos procesos no solo se tratan sobre las especies que domesticaron y que actualmente conocemos; sino también de los parientes silvestres que se encuentran en el mismo cultivo o rodeando las chacras, las cuales desafortunadamente han pasado desapercibidas, poco interesadas y aun no utilizadas para el desarrollo de la propia zona andina y mejoramiento genético de la especie cultivada.

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha, restituyendo la fertilidad del suelo cultivada en el área andina desde épocas preincaicas. Se desarrolla en valles templados y áreas altoandinas. Su cultivo y consumo del grano paulatinamente están siendo disminuidos en los países andinos, sobretodo en Colombia, Argentina y Chile, no solo por falta de difusión de las formas de uso, sino tambien por el desinterés de las instituciones encargadas de promover su consumo y cultivo, a pesar de su gran valor nutritivo y resistencia a factores adversos climaticos en las zonas donde se siembra.

Su cultivo se mantiene desde Ecuador, Perú, Bolivia hasta Chile y el noreste argentino, bajo distintos sistemas de producción. Los pobladores preincas domesticaron a esta planta, lo cual fue plasmado en cerámicas y tejidos. Sin embargo, fue desplazada por la introduccion de cultivos europeos y a causa de esta marginación, el tarwi ha sido una de las especies más afectadas debido a su fuerte sabor amargo por su contenido de alcaloides en el grano. Por lo que requiere de un proceso de lavado que elimine esos alcaloides. Este requisito constituyó una desventaja frente a otras leguminosas introducidas y determinó la disminución de su área cultivada. Pudo haber influido en su marginación el hecho de ser consumida mayormente por la población indígena y la variabilidad de su rendimiento, a pesar de tener una gran variabilidad de formas cultivadas, encontrándose actualmente sus parientes silvestres ampliamente distribuidos en los valles interandinos y en el Altiplano peruano-boliviano (Mujica 1992).

Denominaciones vernaculares

Nombre común: Aymara: tauri (Bolívia); Quechua: tarwi, tarhui (Bolivia, Perú), chuchus muti (Bolivia), chocho, chochito (Ecuador y Norte del Perú), chuchus (Bolivia), ccequella (Azangaro Perú); Castellano: altramuz, lupino, chocho; Inglés: Andean lupine, pearl lupin.

Variabilidad y diversidad genética

El tarwi muestra una amplia diversidad genética con gran variabilidad en la arquitectura de la planta, adaptación a suelos, precipitacion, temperatura, altitud y periodo vegetativo. Asímismo varía en precocidad, contenido en proteínas, aceites, alcaloides, rendimiento y tolerancia a plagas y enfermedades. El color del grano, planta y flor es variable. Su centro de origen está ubicado en la región andina de Bolivia, Ecuador y Perú, ya que en ellas se encuentra la mayor variabilidad genética. En esta región se han identificado 83 especies del género *Lupinus.*

Desde el punto de vista alimenticio, medicinal, ritual, cultural, en la transformación y mejoramiento de las especies domesticadas, esta diversidad de parientes silvestres tiene importancia y repercusión en su utilización, proporcionando actualmente al agricultor disponibilidad sostenida y seguridad alimentaria. Los parientes silvestres que muestran esta diversidad y variabilidad encontradas en tarwi (*Lupinus mutabilis*) están representadas por las siguientes especies: *Lupinus cuzcensis*, *L. tomentosus*; *L. microphyllus, L. paniculatus, L. aridulus*, *L. ananeanus, L. condensiflorus, L. chlorolepis*, *L. tarapacencis*, *L. subferuquinous*, *L. dorae*, *L. macbrideanus*, *L.*

ballianaus, *L. gilbertianus* y *L. eriucladus*. Los usos de cada uno de los parientes silvestres son clasificados en: alimenticios, medicinales, rituales, culturales, en transformación, forraje y combustible.

Los principales usos medicinales y enfermedades que previenen y curan los parientes silvestres del tarwi son: diabetes (harina de tarwi sin desamargar hervida) (Chambi *et al.* 1997), males renales (agua de tarwi desamargado en forma de fomentos adicionando sal), eliminación de los efectos del consumo de alcohol (consumo directo de granos de tarwi desamargado en frío, eliminando el desanimo, nerviosismo, cansancio y sed), mate de kelas amarillas apuran el parto tomadas en infusión caliente. Kelas (*Lupinus* silvestres): hojas y semillas hervidas tomadas en infusión hacen que se elimine la retención menstrual de las mujeres.

Recientemente, en la zona del Altiplano boliviano-peruano se ha encontrado al tarwi silvestre de flor amarilla, que corresponde a *Lupinus cuzcensis*, así como a los parientes silvestres de flor azul y morado. Las variedades y cultivares conocidos son numerosos; en Bolivia: Toralapa, Tarabuco; en Perú: Yunguyo, Sacacatani, Altagracia, Kayra, Carlos Ochoa, SCG 9, SCG 25, SLP 1 al SLP 5 (líneas precoces) y en Chile: Inti. Actualmente se conservan varias colecciones de germoplasma en institutos de investigacion, universidades y proyectos de cooperacion técnica internacional a lo largo de la región andina: Se conservan más de 1600 accesiones en cámaras frías de diferentes estaciones experimentales (Mujica 1991). Las principales son: en Bolivia: PROINPA (Toralapa y Pairumani); en Perú: Kayra (Cusco), Santa Ana (Huancayo), Puno (Camacani e Illpa), Ayacucho (Canaan) y Cajamarca (Baños del Inca) y en Chile (Estación Experimental de Gorbea).

En lo relacionado a germoplasma se dispone de 1.200 accesiones debidamente conservadas, caracterizadas y evaluadas en sus principales características agronómicas (Jacobsen & Mujica 2004), como son: periodo vegetativo (de 140-233 días), días de floración (56-86 días), características morfológicas de planta y semilla, rendimiento de grano (800-2.736 kg/ha), contenido en alcaloides y otras de importancia, seleccionando genotipos de alto rendimiento como también precoces (Mujica *et al.* 2001). Se conoce el contenido de proteínas y aceites de las especies cultivadas y silvestres variando de 35-45% en proteínas y de 15-23% en aceites, siendo mayor el contenido proteico en las silvestres.

Valor nutritivo

Las semillas son excepcionalmente nutritivas. Las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso, estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía de 41- 51% y el aceite de 14-24% (Gross *et al.* 1988) (Tabla 1). En base a análisis bromatológico, posee en promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites, 7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos, encontrando correlación positiva entre proteína y alcaloides, mientras que es negativa entre proteína y aceite (Tabla 2).

Se han realizado ensayos de panificación utilizando harina de tarwi, siendo recomendable sustituir hasta un 10% de la harina de trigo sin desmejorar la calidad del pan en volumen, textura, aroma, suavidad, color de corteza, simetría de forma y sabor, así mismo el pan elaborado con 80% de trigo +10% quinua +10% tarwi, resultó ser el más económico.

Condiciones de cultivo: clima y suelos

Se cultiva en las zonas templadas y frías del Altiplano boliviano-peruano, en valles interandinos de 2.000-3.850 m, aunque experimentalmente se han obtenido buenos rendimientos a nivel del mar. En lo relacionado al fotoperiodo, es aparentemente indiferente, aunque se cultiva más en condiciones de días

Tabla 1: Composición de ácidos grasos del tarwi (% de ácidos grasos totales).

Acidos	%
Oleico (Omega 9)	40.4
Linoleico (Omega 6)	37.1
Linolénico (Omega 3)	2.9
Palmítico	13.4
Palmitoleico	0.2
Esteárico	5.7
Mirístico	0.6
Araquídico	0.2
Behénico	0.2
Erúsico	0.0
Cociente Polisat/Satur	2.0

Tabla 2: Comparación de la composición del tarwi y soya (g/100 g).

Componente	**Tarwi**	**Soya**
Proteína	44.3	33.4
Grasa	16.5	16.4
Carbohidratos	28.2	35.5
Fibra	7.1	5.7
Ceniza	3.3	5.5
Humedad	7.7	9.2

cortos. En cuanto a la precipitación pluvial, sus requerimientos se sitúan en 350-850 mm, siendo cultivado exclusivamente en condiciones de secano. Es susceptible al exceso de humedad y moderadamente suceptible a la sequía durante la floración y envainado. No tolera las heladas en las fase iniciales y en la formación de vainas, aunque algunos ecotipos cultivados en el Altiplano y a orillas del Lago Titicaca tienen mayor resistencia al frio (Mujica 1977).

Los suelos que requiere deben ser francos y franco-arenosos con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje, así como un pH que oscila entre 5 y 7. En suelos ácidos, la fijación de nitrógeno por el *Rhizobium lupini* es muy escasa, debiendo utilizarse en lo posible cepas nativas de cada zona de cultivo.

El cultivo se mantiene en forma tradicional en Bolivia, tanto a orillas del Titicaca como en los Yungas, Perú (orillas del Titicaca y valles interandinos) y Ecuador en los valles interandinos, aunque en la actualidad se han efectuado introducciones en Venezuela, Colombia, Chile, Argentina, México y países de Europa con buenos resultados.

Aspectos agrotécnicos

Las investigaciones agronómicas del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en los Andes altos de Perú han sido realizados desde 1962, teniendo como objetivos resolver los principales problemas agronómicos de producción, colección, conservación y caracterización del

germoplasma, así como conocer el contenido nutricional mediante análisis bromatológico, rotación de cultivos, inoculación y fertilización, control de plagas y enfermedades, agroindustria y transformación (Mujica 1995).

La práctica tradicional de cultivo consiste en sembrar con laboreo mínimo sobre todo en suelos delgados y zonas altas, en razón del escaso desarrollo de malezas y para dar prioridad a la conservación de la humedad, generalmente en rotación de papa o cereales o quinua, sin uso de fertilizantes ni abonos orgánicos. En lo relacionado a la rotación de cultivos, se encontró que la mejor es: quinua-tarwi-papa o quinua-tarwi-cebada o quinua-tarwi-quinua. La densidad de siembra óptima a 0.70 m entre surcos, 0.30 m entre golpes y tres semillas por golpe, usando 80 kg/ha de semilla, seleccionada y desinfectada contra *Colletotrichum gloeosporoides* (que produce antracnosis en la planta). La mejor época de siembra para la zona altoandina es el mes de septiembre. Se ha determinado que la inoculación es de mucha importancia en la producción del tarwi cuando se siembra en suelos que no tienen cepas nativas de *Rhizobium lupini*, aumentando la inoculación considerablemente el rendimiento de grano y materia seca. Se ha determinando que el tarwi fija simbióticamente de 163-220 kg/ha de nitrógeno atmosférico.

Las labores culturales se limitan a una escarda y deshierbe (Mujica 1977). La técnica de cultivo mejorada consiste en sembrar en suelo previamente preparado y fertilizado con la fórmula NPK 0-60-0 ó 0-80-60, de acuerdo a la fertilidad del suelo. Se ha determinado a las principales plagas que afectan al cultivo, siendo las más importantes: masticadores de follaje y barrenadores de tallo (*Copitarsia turbata* y *Agromyza* sp.) y picadores chupadores (*Frankliniella tuberosi* y *Myzus* sp.). En lo que respecta a enfermedades, se ha determinado: Antracnosis (*Colletotrichun gloeosporiodes*), roya (*Uromyces lupini*) y fusariosis (*Fusarium oxisporium)*. La escarda se realiza en la fase de ramificación, controlando al gorgojo barrenador (*Apiun sp.*) y karwua (*Epicauta willei*, *E. latitarsis*). La cosecha se realiza cuando las plantas han alcanzado la madurez plena. Se separan los granos de la vaina mediante golpes con palos curvos o pisoteo del ganado. La forma común de realizar la cosecha es segar, emparvar, trillar, aventar y almacenar. Estas actividades son laboriosas y demandan bastante mano de obra. Se han utilizado trilladoras de soja y frijol con buenos resultados. La trilla se complementa aventando los granos. Con esta técnica los rendimientos varían entre 500-1000 kg/ha, de acuerdo a las regiones y ecotipos utilizados. El uso consuntivo de agua por el tarwi varia con los métodos de cálculo así con Hargreaves (803.3 mm), por radiación (755.8 mm), con Penman (655.7 mm) y Blaney-Criddle (569.6 mm) (Mujica *et al.* 2002).

Rendimiento

Los rendimientos del tarwi alcanzan 3500-5000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna. También tiene potencial la producción de alcaloides para uso como biocidas o repelentes de las principales plagas que afectan los cultivos de la zona andina. Una muestra potencial de su uso como fuente de fijación de nitrógeno atmosférico está en base a su producción, ya que se ha determinado que provee al suelo más de 100 kg/ha de nitrógeno (Mujica 1977).

Desamargado de los granos de tarwi

El grano de tarwi crudo es amargo (alto contenido de esparteína, lupinina y otros), por lo tanto es inconsumible, motivo por el que no es apetecido por aves, rumiantes ni insectos; por ello para consumir los granos de tarwi el primer paso es el desamargado (deslupinación). El grano desamargado y listo para incorporar a la alimentación humana es de sabor agradable

y de consistencia suave. Luego de eliminar la testa, los granos son de color crema.

El proceso es muy simple y no necesita de maquinaria ni de tecnología cara. El proceso de desamargado para fines de consumo familiar consiste en remojar un promedio de tres kilogramos de grano de tarwi en un recipiente con capacidad para 18 litros aproximadamente (lata, balde) durante 12 horas. Los granos adquieren mayor volumen por efecto del remojo (se hinchan); luego son cocidos por un tiempo aproximado de una hora con dos cambios de agua cada 30 minutos, contados desde el momento que inicia a hervir.

El agua de color amarillo marfil es de sabor muy amargo, con olor fuerte a tarwi crudo, este líquido luego de enfriar se deposita en botellas para ser utilizado como repelente de plagas cuando sea necesario. Para eliminar por completo el sabor amargo de los granos del tarwi después de la cocción, se escurre, enfría y se sumerge bajo agua en movimiento (lago, río, manantial) por lapso de tiempo de 2-3 días. Este mismo proceso se hace en domicilios de familias citadinas, poniendo el tarwi cocido en recipientes de 18 litros de capacidad. Se remoja en agua potable de consumo doméstico, haciendo cambio cada seis horas; en este caso el desamargado demora cinco días. El grano desamargado resultante es de sabor agradable e inoloro. Se consume en forma directa o preparado con otros ingredientes de acuerdo al gusto de cada familia.

Consecuentemente, el desamarrado puede se realizado de dos formas: manualmente o industrialmente.

– Desamargado manual: Limpiar el grano de impurezas (residuos de cosecha, tierra o piedrecillas); seleccionar el grano por tamaño; remojar el grano durante un día en agua; cocer el grano en agua durante una hora; colocar en un recipiente apropiado (costalillo o canasta) y poner en agua corriente durante 4-5 días; probar el grano, si ya no tiene sabor amargo, quiere decir que ya está listo para ser consumido.

– Desamargado industrial: Selección, clasificación y limpieza con zarandas; hidratación durante 12 horas; Cocción en cilindros con llave de salida u olla de presión; lavado en cilindros con una llave de salida para permitir el flujo de agua; secar al sol o mediante corrientes de aire caliente; almacenaje y empacado.

Usos

Se utiliza el tarwi en la alimentación humana previa eliminación del sabor amargo, para lo cual existen diversos métodos eficientes que garantizan su completa eliminación. Especialmente los ecuadorianos han trabajado con ese aspecto (INIAP 1997). Las formas de preparación varían según las regiones y ocasiones de consumo: Mote de tarwi, ensaladas, sopas (crema de tarwi), guisos (pepian), postres (mazamorras con naranja) y cebiche serrano (ver Anexo 1). Industrialmente se obtiene harina, usando un 15% en la panificación con excelentes resultados por el contenido en grasas. Tiene la ventaja de mejorar considerablemente el valor proteico y calórico del producto (Mujica 1990). Asímismo permite una conservación más prolongada del pan, debido a la retrogradación del almidón, obteniéndose un mayor volumen por las propiedades emulgentes que tiene la lecitina del tarwi. Los alcaloides (esparteína, lupinina, lupinidina, entre otros) son empleados para controlar ectoparásitos y parásitos intestinales de animales domésticos. Ocasionalmente los agricultores utilizan el agua de cocción del tarwi como laxante y como biocida en el control de plagas de las plantas.

En el estado de floración, la planta se incorpora al suelo como abono verde con buenos resultados, mejorando considerablemente la cantidad de materia orgánica, estructura y retención de humedad del suelo. Por su contenido en alcaloides, se siembra a menudo como cerco vivo o para separar parcelas de diferentes cultivos, aspecto que actúa como

repelente o evita el daño que pudieran causar los animales. Los residuos de cosecha (tallos secos) se usan como combustible por su gran cantidad en celulosa y que proporciona un buen poder calórico.

Uso tradicional

Es notorio que cada etnia de las diferentes culturas andinas tiene su propia manera de desamargar y consumir (Pulgar Vidal 1978), lo que vamos a describir a partir de aquí es la forma cómo se procesa por la cultura Aymara en Puno (Perú) hasta lograr el tauri xuq'u (localmente se conoce al tarwi con el nombre de tauri).

– Tauri xuq'u. Es el tarwi desamargado para consumo directo, siendo una golosina para el paladar de la cultura andina. Se consume con mayor frecuencia los días de feria, sobre todo los domingos. La madre campesina que accede a la feria (qhatu) por costumbre compra el tarwi desamargado para ser consumido por la familia, mezclado con habas tostadas (jawas ch'uta), con mote de maíz, con humitas e ispi. Para degustar este potaje que es muy apetecido, puesto que no empalaga, se puede consumir a cualquier hora del día, pero de preferencia desde las 11 de la mañana hasta las 4 de la tarde.

– Zarza de tarwi. La zarza de tarwi es consumida como plato ritual, su uso es generalizado en las fiestas de todos los santos para ofrecer a las almas de las personas que fueron antiguos moradores de estas tierras. Se consume en nombre del difunto, haciendo rezar los días de las almas (2 y 3 de noviembre), siendo una costumbre generalizada el consumir el tauri. La zarza es una especie de ensalada con abundante cebolla picada en rodajas, tomate, lechugas y mezclada con conservas de sardina en salsa de tomate, papa harinosa sancochada de variedades nativas, pan de todos los santos, aceite vegetal, sal y rocoto al gusto. Se sirve en platillos de porcelana de uso exclusivo para estas fechas.

– Wayk'ani o puré de tarwi. Para su preparación el tauri xuq'u sin testa es molido en un batán o en la licuadora, luego se vacía en una olla con aderezo de ají colorado molido, cebolla picada, tomate, ajo, pimentón y trozos de carne seca previamente remojada. Para que espese se agrega papas sancochadas peladas y estrujadas. Se sirve con tunta y uma caya cocida, este último cocinado al vapor.

– Torreja de tarwi. La harina de tarwi sin testa y licuado se mezcla con harina de trigo al 50% para dar consistencia a la masa. Se diluye en agua con sal, agregando hojas picadas de quinua, cebolla, zanahoria y huevo batido. Se fríe en aceite caliente para consumir con papas sancochadas, tunta y chuño negro hervido.

– Umita de tarwi. La harina de tarwi se mezcla con harina de maíz, leche, queso, azúcar y pasas (opcional). Se hace una masa, la misma que se moldea para ser colocada dentro de envolturas de pancas del choclo de maíz, luego se hace coser al horno de panificación u horno de piedra o de pachamanca. Esta humita es muy deliciosa al paladar del poblador andino. Su consumo se efectúa en los días principales de Semana Santa.

Usos innovados en el área rural

En los últimos tiempos, se viene innovando las formas de consumo tradicional del tarwi con formas de preparación que incluyen a otros ingredientes. Falta indagar más al respecto, pero los más usados son difundidos dentro de la culinaria local y regional siendo los siguientes:

– Salsa blanca de tarwi. Es una especie de mayonesa, usando al tarwi licuado en leche. Se prepara agregando harina de trigo con sal al gusto, se consume junto con frituras de carne, churrascos, anticuchos y asados de chancho, adicionándoles ensalada de verduras y acompañada de tunta, umacaya o papas sancochadas de variedades nativas.

– Pan de tarwi. Para su preparación se utiliza harina de tarwi mezclada con harina de trigo en proporción de 1: 5. Se le agrega manteca licuada, agua con sal y pequeña porción de azúcar, luego se adiciona levadura disuelta en agua tibia. Se bate hasta formar una masa homogénea, a partir de esta masa se moldean los bollos de pan, colocándose sobre latas para finalmente hornear.

– Ocopa de tarwi. Después de licuar el tarwi deshollejado, se cocina en aderezo de ají amarillo molido o licuado. Se agrega queso rallado, para espesar se utiliza pan molido o galletas y sal a gusto, acompaña bien a la watias de papas en tiempos de cosecha.

– Leche de tarwi. El tarwi descascarado es licuado y luego colado a fin de obtener la parte líquida que es de color crema. Se consume caliente, agregando chocolate (pasta de cacao diluido). Cuando es utilizado como dulce, viene ha constituir sustituto de la leche fresca, siendo muy apetecida y saludable.

Uso medicinal

Según los conocimientos y saberes andinos de los agricultures que cultivan el tarwi por la cultura Aymara en Puno, señalan que este grano andino es medicinal y controla diferentes enfermedades:

– Diabetes. Se hace hervir harina de tarwi cruda sin desamargar hasta formar una masa aguada. La coccion se realiza con una adecuada proporción de agua. De esta pasta, se toma una pequeña porción, la que se adhiere a la punta de la cuchara, debiéndose tomar en ayunas durante un mes. Su propiedad es hacer desaparecer los síntomas propios del diabético, luego que haya sido declarado por el diagnóstico médico.

– Males renales. Las personas que sufren males renales se cansan muy pronto, sufren fatigas permanentes en la planta de los pies, se quejan de dolores y calambres a nivel de la cintura. Para aliviar y curar dichos males, se utiliza el agua resultante del remojo del tarwi. A esta agua se le agrega sal de cocina calentada en tostadora, este líquido tibio se pone en la parte adolorida, remojando en un paño negro como fomento. Para un completo restablecimiento se necesita reposo en cama. Se debe repetir el proceso hasta quedar bien reestablecido. Tiene el mismo efecto cuando se usa el agua, producto de la cocción del tarwi durante el proceso del desamargado.

– Resaca. En el campo, los agricultures durante las fiestas patronales y luego de realizar los rituales, beben alcohol etílico de 45 grados en preparados diversos. Producto de ello y al día siguiente, las consecuencias son: desánimo, nerviosismo y muchos deseos de beber agua, producto del daño provocado al hígado. Este malestar es conocido como resaca. Para aliviar dicho mal, el campesino elabora el tauri xuq'u, el cual consume en forma directa los granos de tarwi desamargados y en un tiempo breve se siente aliviado.

– Parásitos externos. Para eliminar infestación de parásitos externos en el ganado vacuno (garrapatas), se hace hervir en agua de tarwi producto del desamargado, el ajeno y hollín de cocina. Con el producto de esta infusión, se baña al animal con parásitos externos, se repite hasta dejar libre de parásitos.

Uso ritual

El tarwi es usado para rituales en sus diferentes fases fenológicas (estadios) por la cultura Aymara en Puno. Los granos son infaltables en el atado ritual, para hacer la ch'alla en la fiesta de las semillas, acto que se realiza en Pentecostés, la flor está presente en la challa de la Candelaria (2 de febrero) y las legumbres verdes (vainas verdes) en la challa de los carnavales. Como legumbres secas (vainas maduras) sin desgranar, se coloca dentro de los trojes para que como madre de las semillas, permanezca junto a la äras (silvestres); al respecto doña Julia Lupaca Tito, nos

manifiesta: *"el tarwi es considerado como madre de las semillas juntamente con las aras, no se debe pisotear por que llora cuando está botada, por eso la recogemos y nunca podemos ver tarwi botado en el piso"*.

– **Fiesta de qumpi jantaku** (tendido de alfombra de flores). El domingo de Cuasimodo (segundo domingo después de Viernes Santo) se acompaña a los tenientes gobernadores llevando flores azules de tarwi para hacer una especie de alfombra de flores. Sirve de fondo a fin de resaltar las alegorías y figuras con el nombre de la comunidad, cuyas letras son diseñadas con la mejor caligrafía.

– Mal de ojo. No se debe pisotear el grano de tarwi porque provoca el mal del ojo, esta enfermedad se manifiesta con la cobertura temporal de una nube en la retina conocido en Aymara como coyri, por lo que se debe recoger los granos desperdigados por el suelo. Muchos testimonios coinciden en el mismo sentido: "*los granos crudos, cuando están abandonados saben llorar por queno son apetecidos por los pájaros ni por los rumiantes, por ser amargo, el tauri al igual que las Araas de la quinua son madre de las semillas por ello merece respeto, cariño y consideración*".

– Varios. El tarwi es visto como la madre de las comidas (manq'a tayka), por ello es infaltable en los rituales de la ch'alla de las ispallas como la: Candelaria y Carnavales. Para estas ocasiones si no están maduras, se llevan las flores o las vainas junto a la inflorescencia y en Pentecostés las vainas secas junto a la inflorescencia. Asímismo, no deben faltar las vainas secas junto a su inflorescencia en los depósito de víveresproductos alimenticios de las familias. En Yunguyo (Puno, Perú) los tallos de tarwi son utilizados para atizar la misa ritual en los despachos de la granizada, la helada, el viento, entre otros. Asímismo para el llamado de las lluvias, como la misa ritual para la salud de la familia campesina, en caso de enfermedades por alguna desarmonía con los componentes de la naturaleza.

Transformación artesanal

– Harina de tarwi. El tauri xuq'u, descascarado, molido y puesto a secar al sol, sirve para elaborar harina y con ello preparar torrejas, espesar sopas, reemplazar al maní, sobre todo en los Andes donde este alimento no se dispone. El sabor de la harina de tarwi es agradable y sabe a almendras.

– Leche de tarwi. El tarwi al que se ha eliminado la testa (descascarado), se licua y cuela, dando un líquido de color crema, que se consume caliente agregando chocolate (pasta de cacao diluido). En dulces es utilizado como sustituto de la leche fresca siendo agradable y saludable. La leche de tarwi es recomendable para personas alérgicas a la leche de vaca, puesto que la leche de tarwi contiene un alto porcentaje de grasas vegetales insaturadas, incluso forma su propia nata.

Derivados

– Repelente. El agua de tarwi se utiliza como biocida puesto que controla plagas de muchos cultivos nativos. Es un excelente repelente de insectos, que controla pulgones, trips y la pulguilla saltona de la papa (*Epitrix subcrinita*), así como al gorgojo de los Andes en el cultivo de papa (*Premnotripes solani)*. Con la ayuda de una aspersora se aplica en los rastrojos de los cultivos para evitar la puesta de huevos por gorgojos adultos y de esta manera evitar su ataque desde estadios iniciales del cultivo de papa. El agua hervida del tarwi amargo es utilizado como repelente de distintas plagas que atacan al cultivo de papa, oca, habas, tales como chupadores, laceradores de hojas tiernas, perforados y principalmente al gorgojo de los Andes que ataca a los tubérculos de papa (siendo repelente para los insectos).

Las cenizas producto del quemado de los tallos secos de tarwi constituyen un excelente repelente de insectos chupadores, rapadores, perforadores y cortadores de plantas tiernas en los cultivos andinos. El modo de aplicación

se efectúa esparciendo sobre el follaje de los cultivos en pleno crecimiento. Para prevenir el ataque del gorgojo de los Andes, se esparce la ceniza el mismo día de la siembra, impidiendo depositar sus huevos. Para que tenga completa efectividad la aplicació,n se debe continuar la aplicación, esparciendo sobre los surcos antes de su emergencia. Durante la emergencia y los primeros estadios, estas aplicaciones deben de tener un intervalo de tiempo de dos semanas aproximadamente entre una y otra.

Los suelos que en la campaña anterior hayan sido sembrados con tarwi, disminuyen considerablemente la población de nemátodos (*Nacobus, Globodera*) que atacan a la papa dulce.

– Leña. Los troncos secos del tarwi son usados como leña desde tiempos antiguos. Los pobladores andinos han sembrado el tarwi para obtener leña a partir de los tallos, despues de la cosecha. Estos tallos se trasladan de la chacra a lugares cercanos de la vivienda rural. En los meses de julio y agosto se trillan las inflorescencias con vainas maduras y los tallos leñosos son almacenados en parvas, protegidos de la lluvia. Desde allí se provee de leña para cocinar en fogones (qhiris). Esta forma de utilizar era generalizada antes que aparecieran las cocinas a gas, kerosene o gas metano. Esta forma de uso del tarwi hasta hoy se mantiene vigente en muchas comunidades de los Andes.

– Materia verde y abono. Se practica la incorporación de plantas florecidas del tarwi como materia verde en suelos pobres, cansados, esquilmados, carentes de nutrientes y de materia orgánica, a consecuencia de la sobreexplotación agrícola. Para ello se siembra en forma retrasada (primera semana de diciembre) y para el mes de marzo en que se encontrará en plena floración, momento en el cual se incorpora al suelo con arado de disco o en forma manual, mediante el uso de uysus o palas. Los suelos así tratados conservan mejor la humedad y esta incorporación debe efectuarse los primeros días de noviembre, que se utilizará para la siembra grande de papa.

Cuando las plantas llegan a la madurez, las hojas se secan y caen al suelo, éstas al ser incorporadas se descomponen con la humedad, formando un mantillo café oscuro, que servirá como nutrientes para la próxima campaña agrícola. La cosecha definitiva ocurre en las últimas semanas de julio, que si caen lluvias o nevadas de invierno las vainas se abren y dispersan los granos. Corriendo el riesgo de perder granos secos y maduros, los agricultures conocedores de este fenómeno, recogen los troncos leñosos conteniendo la vainas secas, en dicho momento las raíces y los nódulos producto de la simbiosis bacteriana están ya descompuestos e incorporados en el suelo, por ese motivo los tallos se dejan extraer sin mucha resistencia.

– Forraje. La harina de tarwi, mezclada con subproductos de quinua, son alimentos de alto contenido en nutrientes que se utilizan en el proceso de engorde del ganado y mayormente en la fase de acabado. Estas experiencias son de uso rutinario entre los campesinos que se dedican al engorde de ganado ovino, vacuno y porcino en las zonas productoras de tarwi.

Referencias

Chambi, N.; Chambi, W., Quiso, V.; Cutipa, S.; Gordillo V. & J. Apaza. 1997. Así nomás nos curamos. Asociación Chuyma de Apoyo Rural, Puno. 359 p.

Gross, R., E. von Baer, F. Koch, R. Marquard, L. Trugo & M. Wink. 1988. Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low alkaloid content. J. Food Comp. Anal. 1, 353-361.

INIAP. 1997. Zonificación potencial del cultivo de chocho. Proyecto P-BID-206. Programa Nacional de Leguminosas, INIAP. Fundacyt, Quito. 30 p.

Jacobsen, S.E. & A. Mujica. 2004. Geografical distribution of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). pp. 931-932 En: Jacobsen, S.-E., C.R. Jensen & J.R. Porter (eds.). Book of Proceedings. VIII ESA Congress: European

Agriculture in a Global Context. KVL, 11-15 July 2004,Copenhagen.

Mujica, A. 1977. Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.). Ministerio de Alimentación (Zona Agraria XII), Puno.

Mujica, A. 1990. Investigación y producción del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Perú.INIAA-PICA, Puno, Perú. 49 p.

Mujica, A. 1991. Catálogo del banco de germoplasma de los cultivos andinos tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow). cañihua (*Chenopodiun pallidicaule* Aellen); oca (*Oxalis tuberosa* Molina); olluco (*Ullucus tuberosus* Lozano), mashua (*Tropaeolun tuberosum*, Ruiz y Pavon). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Escuela Postgrado, IBPGR. Puno.

Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. pp. 129-146 En: Hernandez Bermejo, J.E. & J.E. Leon (eds.) Cultivos Marginados Otra Perspectiva de 1542. Colección FAO, Producción y Protección Vegetal 26, Córdoba.

Mujica, A. 1995. Catálogo de tesis universitarias en cultivos andinos, 1962-1995. Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Postgrado, Puno. 59 p.

Mujica, A., Aguilar J. & S. Jacobsen. 2001. Resúmenes de investigaciones en Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) 1976-2001. UNA, Puno. 87 p.

Mujica, A., Jacobsen, S.E. & J. Izquierdo. 2002. Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet.) Forty years research in Perú. pp. 106 En: X International Lupin Conference: Wild and cultivated Lupins fron the tropics to the Poles.Program and Abstract Book, Laugarvatn.

Pulgar Vidal, J. 1978. La quinua o suba en Colombia. Publicación Nº 3. Fichero Científico Agropecuario. Ministerio de Agricultura, Bogotá.176 p. (reproducido por IBTA e IICA, La Paz).

Anexo 1: Recetas de preparación del tarwi.

Tarwi fresco: De uso inmediato como mote o ingrediente de diferentes preparaciones.
Tarwi seco: Remojarlo con agua tibia durante una noche y esta listo para preparar diferentes platos como: sopas, guisos, entre otros.
Harina: Se utiliza en la preparación de panes, tortas, mazamorras, papillas, salsa, galletas, tamales, entre otros.

Entradas de tarwi

– Saltado de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi fresco	2 tazas	0.7	0.32	Aporte calórico: 5.549 Kcal
Harina de trigo	2 tazas	0.5	0.23	Aporte proteico: 238 g
Papas	1/2 kilo	0.2	0.09	Costo total: S/. 2.350
Cebollas	2 unidades	0.2	0.09	Costo: $US 1.08
Tomates	1 unidad	0.1	0.05	Cantidad: 6 personas
Arvejitas	1 taza	0.2	0.09	
Pimienta molida	1 chda	0.05	0.02	
Pasta de tomate, sal y perejil		0.04	0.01	

Preparación: Mezclar el tarwi molido con harina de trigo y parte de la sal, hasta formar una masa manejable. Dividir la masa en pequeños trocitos y freir en aceite caliente. Pelar las papas, picar y freir en aceite. En una olla preparar aderezo con cebolla picada en larguitos, tomate picado, pimienta y sal al gusto. A este aderezo agregar los trocitos de tarwi, las papas fritas, arvejitas cocidas, perejil picado y una taza de agua hervida y servir si se desea acompañado de arroz graneado.

– Albóndigas de tarwi con puré de papas

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi fresco	21/2 tazas	0.85	0.39	Aporte calórico: 2.791 Kcal
Carne molida	21/2 tazas	2.5	1.15	Aporte proteico: 158 g
Harina de trigo	2 tazas	0.5	0.23	Costo total: S/. 7.900
Huevos	2 unidades	0.4	0.18	Costo: $US 3.64
Pimienta molida	1 chdita	0.05	0.02	Cantidad: 8 personas
Perejíl	1/2 taza	0.05	0.02	
Pan seco	2 tazas	0.10	0.02	
Tomates	8 unidades	0.50	0.23	
Arvejitas	2 tazas	0.80	0.36	
Papas	2 kilos	0.80	0.36	
Leche evaporada	2 tazas	1.3	0.59	
Sal al gusto		0.05	0.02	

Preparación: Mezclar el tarwi molido con carne, harina, huevo, pimienta, perejil picado y sal al gusto. Formar bolitas de tamaño regular y cubrirlas con pan seco molido. Freir las albóndigas en aceite caliente. En una olla preparar aderezo con un poco de aceite, ajo y tomate previamente pelado con agua caliente, luego agregar 5 tazas de agua y dejar hervir durante 30 minutos. Agregar a la salsa de tomate las albóndigas y dejar hervir durante 15 minutos y retirar del fuego. Cocinar las arvejitas en forma separada. Preparar el puré de papas

con leche en un recipiente separado. Servir las albóndigas con salsa de tomate adornar con arvejitas, acompañado de puré de papas.

– Souflé de tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Leche	1 taza	0.7	0.32	Aporte calórico: 2630 Kcal
Harina de trigo	1 taza	0.2	0.09	Aporte proteico: 106 g
Comino molido	1 chda	0.05	0.02	Costo total: S/. 2.650
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Costo: $US 1.22
Huevos	4 unidades	0.80	0.36	Cantidad: 8 personas
Queso fresco	1 taza	0.40	0.18	
Tarwi	1/2 taza	0.30	0.13	
Ajos y sal al gusto		0.10	0.05	

Preparación: Freir las cebollas, ajo, comino, añadir la leche y luego la harina y hervir por 3 minutos, retirar del fuego y dejar enfriar. Agregar las yemas, el queso, tarwi y sal al gusto, finalmente las claras batidas a punto de nieve. Engrasar un molde, vaciar la preparación y hornear a 160∞C, hasta que este dorado, luego servir con papas sancochadas.

– Tarwi con maíz reventado

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Maíz pelado	3 tazas	0.80	0.36	Aporte calórico: 3.266 Kcal
Cebollas	2 unidades	0.20	0.09	Aporte proteico: 136 g
Aceite	3 chdas	0.05	0.02	Costo total: S/. 2.600
Tomates	2 unidades	0.10	0.05	Costo: $US 1.19
Tarwi molido	21/2 tazas	1.30	0.59	Cantidad: 6 personas
Sal y huacatay al gusto		0.10	0.05	

Preparación: Cocinar el maíz pelado con cal, en olla a presión con 3 tazas de agua hasta que reviente (se puede usar olla corriente). En una olla, preparar un aderezo, el maíz colocar reventado y el tarwi molido, agregar agua, sal al gusto y dejar hervir 15 minutos (debe tener consistencia de puré). Servir adornando con perejil picado o huatacay.

Sopas de tarwi

– Sopa de tarwi con morrón

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Tarwi fresco	3 tazas	0.90	0.41	Aporte calórico: 1.491 Kcal
Morón tostado	2 tazas	0.40	0.18	Aporte proteico: 58 g
Papa	1/2 kilo	0.20	0.09	Costo total: S/. 2.38
Cebolla	1 unidades	0.10	0.05	Costo: $US 1.096
Aceite	4 chdas	0.09	0.04	Cantidad: 8 personas
Ajo molido	1 chdita	0.09	0.04	
Col picada	1 taza	0.30	0.13	
Zanahoria picada	1/2 taza	0.10	0.05	
Cilandro, perejil y sal al gusto		0.20	0.09	

Preparación: Pelar el tarwi fresco. En una olla cocinar el morón con suficiente cantidad de agua. Cuando esté hirviendo agregar el tarwi, las papas peladas y picadas. Hacer aderezo con aceite y cebolla y añadir a la olla de sopa, sazonar con sal al gusto. Al momento de servir adornar con perejil y cilantro picado.

– Crema de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de tarwi	21/2 tazas	1.250	0.57	Aporte calórico: 1.639 Kcal
Tarwi fresco	1 taza	0.375	0.17	Aporte proteíco: 92 g
Papa	1/2 kilo	0.20	0.09	Costo total: S/. 2.295
Zanahoria	1 unidad	0.100	0.05	Costo: $US 1.05
Caldo	3 litros	0.200	0.09	Cantidad: 7 personas
Apio	3 ramas	0.050	0.02	
Poro	1 rama	0.020	0.009	
Sal y pimienta al gusto		0.100	0.05	

Preparación: Hacer aderezo de cebolla, ajo picado, cilantro molido, sal y pimienta. Agregar el caldo, añadir las verduras y la papa finamente picadas en tiritas. Pelar el tarwi fresco y licuarlo. Remover en 3 tazas de agua la harina de tarwi. Incorporar a la preparación anterior el tarwi licuado y la harina, removiendo constantemente. Servir caliente con perejil finamente picado.

– Sopa de harina de tarwi con arroz

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de tarwi	1 taza	0.5	0.23	Aporte calórico: 1601 Kcal
Harina de maíz	2 tazas	1.0	0.05	Aporte proteico: 97 g
Cebollas	2 unidades	0.2	0.09	Costo total: S/. 2.35
Tomates	3 unidades	0.2	0.09	Costo: $US 1.08
Ajo	3 dientes	0.05	0.02	Cantidad: 6 personas
Aceite	3 chdas	0.05	0.02	
Caldo	8 tazas	0.10	0.05	
Queso	1 taza	0.20	0.09	
Sal y orégano al gusto				

Preparación: Preparar aderezo con cebolla picada en cuadritos, ajos; incorporar los tomates pelados, una vez que han dorado agregar el agua. Agregar al caldo, las harinas de tarwi y maíz disueltos en agua fría a manera de papilla, dejar hervir por 10 minutos moviendo lentamente con el cucharón para evitar que se queme. Sazonar con sal, incorporar el queso desmenuzado y orégano picado.

– Crema de tarwi con choclo

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi fresco	2 tazas	0.75	0.34	Aporte calórico: 1.833 Kcal
Choclo	2 tazas	0.30	0.13	Aporte proteico: 118 g
Habas verdes	3 tazas	0.40	0.18	Costo total: S/. 2.090
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Costo: $US 0.96
Ajos	5 dientes	0.05	0.02	Cantidad: 8 personas
Huatacay	1/2 taza	0.10	0.05	

Queso	1 taza	0.30	0.13
Aceite	3 chdas	0.09	0.04

Preparación: Hacer aderezo blanco con la cebolla, ajo y sal; agregar 6 tazas de agua. Una vez que empiece a hervir, incorporar las habas verdes y dejar cocinar. Se muele el tarwi, el choclo con las hojas de huacatay. Esta masa se disuelve en cierta cantidad de agua; luego se incorpora al caldo y se deja hervir removiendo lentamente hasta obtener la consistencia deseada. Agregar el queso desmenuzado y retirar del fuego.

Guisos de tarwi

– Pepian de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Choclo	3 tazas	0.50	0.23	Aporte calórico: 1.894 Kcal
Tarwi fresco	3 tazas	0.90	0.4	Aporte proteico: 114 g
Aceite	3 chdas	0.09	0.04	Costo total: S/. 3.080
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Costo: $US 1.41
Tomates	2 unidades	0.20	0.09	Cantidad: 7 personas
Ajo molido	1 chda	0.05	0.02	
Ají molido	2 chdas	0.10	0.05	
Carne de cerdo	200 g	1.00	0.46	
Hierbabuena	1 rama	0.01	0.004	
Agua	2 tazas	0.03	0.01	
Sal y pimienta al gusto		0.10	0.05	

Preparación: Moler bien el choclo y el tarwi (si se usa fresco pelarlo previamente). Hacer aderezo y agregar la carne de pollo o cerdo cortado en trocitos, luego agregar el agua, dejando hervir hasta que la carne esté cocida. Agregar el choclo y tarwi molido, moviendo constantemente hasta que se cocine. Finalmente poner la rama de hierbabuena por unos minutos para luego retirarla.
Sugerencia: Servir con una porción de arroz o trigo cocido para consumirlo como plato único.

– Picante de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Aporte calórico: 1.291 Kcal
Tomate	1 unidad	0.10	0.05	Aporte proteico: 71 g
Tarwi fresco	3 tazas	0.90	0.40	Costo total: S/. 2.880
Papa	1/4 kilo	0.10	0.05	Costo: $US 1.32
Queso fresco	1 tajada	0.20	0.09	Cantidad: 6 personas
Aceite	6 chdas	0.09	0.04	
Ajos molidos	3 chditas	0.05	0.02	
Ají amarillo	2 chdas	0.10	0.05	
Ají colorado	2 chdas	0.15	0.06	
Yemas de huevo	3 unidades	0.20	0.09	
Caldo	6 tazas	0.60	0.27	
Arroz	21/2 tazas	0.09	0.04	
Aceite	2 chdas	0.10	0.05	
Pimienta y sal al gusto	0.10	0.05		

Preparación: Remojar el pan en el caldo y luego estrujar con tenedor. Freir la cebolla y el tomate cortado menudo. Agregar luego el pan estrujado, ají molido, ajos, sal y pimienta. Añadir luego las papas cortadas en

rodajas y el tarwi pelado y triturado, dejando hasta que queden cocidos. Retirar del fuego y agregar las yemas batidas y el queso rallado, poner al fuego para que de un hervor.
Sugerencia: Se recomienda servir acompañado del trigo o arroz graneado que completan su valor nutritivo.

– Ceviche serrano

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Tarwi fresco	21/2 taza	0.80	0.36	Aporte calórico: 1.791 Kcal
Arverjitas verdes	1 taza	0.25	0.11	Aporte proteico: 95 g
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Costo total: S/. 2.550
Atado de cebolla china	1 unidad	0.20	0.09	Costo: $US 1.27
Rocoto	1 unidad	0.10	0.05	Cantidad: 6 personas
Ají verde	2 unidades	0.10	0.05	
Aceituna	100 g	0.20	0.09	
Queso	100 g	0.20	0.09	
Jugo de limón	2 chditas	0.05	0.02	
Lechuga	6 hojas	0.20	0.09	
Sal, pimienta, vinagre y perejil	0.35	0.16		

Preparación: Pelar el tarwi fresco. Sancochar las arvejitas en agua con un poco de sal. Picar en cubitos el queso, la cebolla aceitunas y ajíes. Mezclar todos los ingredientes y sazonar con sal, pimienta, vinagre y limón; dejar reposar º de hora. Adornar con hojas de lechuga y perejil picado.

– Pastel de tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Choclo	3 tazas	0.40	0.18	Aporte calórico: 1.625 Kcal
Tarwi fresco	2 tazas	0.70	0.32	Aporte proteico: 77 g
Manteca	8 chdas	0.30	0.13	Costo total: S/. 2.600
Queso	1 taza	0.30	0.13	Costo: $US 1.19
Polvo de hornear	1 chdita	0.05	0.02	Cantidad: 5 personas
Huevos	3 unidades	0.60	0.27	
Leche evaporada	4 chdas	0.10	0.05	
Sal y pimienta		0.10	0.05	

Preparación: Moler el queso, cloclo, tarwi pelado con la leche. Derretir en una olla la manteca y agregar la preparación anterior, sazonar con sal y pimienta al gusto. Batir las claras a punto de nieve e incorporar en la mezcla anterior con movimientos envolventes. Engrasar y enharinar un molde mediano, verter la mezcla y hornear a temperatura moderada por espacio de 1 hora.

– Papa ocopa con tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Galletas de soda	1 pqte.	0.30	0.13	Aporte calórico: 4.598 Kcal
Queso	100 g	0.30	0.13	Aporte proteico: 98 g
Harina de tarwi	1 taza	0.50	0.23	Costo total: S/. 3.675
Ají amarillo	25 g	0.05	0.02	Costo: $US 1.69

Ajos	3 chdas	0.10	0.05	Cantidad: 5 personas
Aceite	1 taza	0.875	0.40	
Leche evaporada	1/2 taza	0.400	0.18	
Huatacay	6 ramas	0.050	0.02	
Cebolla	1 unidad	0.100	0.05	
Huevo	1 unidad	0.200	0.09	
Aceitunas	8 unidades	0.100	0.05	
Lechuga	8 hojas	0.200	0.09	
Papas	2 kilos	0.400	0.18	
Sal y pimienta al gusto		0.100	0.05	

Preparación: Freir la cebolla, ajos, ají y huacatay molido. Moler el queso, galletas, maní con un poco de leche. Mezclar el aderezo a lo anterior y la harina de tarwi, batiendo hasta que quede suave. Servir sobre papas sancochadas adornando con lechuga, aceituna y huevo duro.

– Papa a la Huancaína con tarwi

		Precios		
Ingredientes:		**S/.**	**$US**	
Queso	1 taza	0.30	0.13	Aporte calórico: 3.605 Kcal
Tarwi fresco	1/3 taza	0.30	0.13	Aporte proteico: 84 g
Leche evaporada	1/2 taza	0.60	0.27	Costo total: S/. 2.690
Aj amarillo	1 chda.	0.05	0.02	Costo: $US 1.23
Aceite	1/2 taza	0.20	0.09	Cantidad: 6 personas.
Limón	1/2 unidad	0.05	0.02	
Aceitunas	8 unidades	0.09	0.04	
Huevo	1 unidad	0.20	0.09	
Papas	11/2 kilo	0.60	0.27	
Lechuga	8 hoja	0.10	0.05	

Preparación: Pelar el tarwi y molerlo junto con el queso, la leche y el aceite. Sazonar con ají amarillo molido, sal, pimienta y limón. Sirva adornando con lechuga, aceitunas y huevos. También puede compañar choclos o carnes.

– Salsa huancatay con tarwi

		Precios		
Ingredientes:		**S/.**	**$US**	
Huacatay molido	2 chdas	0.05	0.02	Aporte calórico: 285 Kcal
Ají amarillo molido	2 chdas	0.10	0.05	Aporte proteico: 6 g
Tarwi fresco	2 chdas	0.25	0.11	Costo total: S/. 1.050
Ajos molido	2 chdas	0.10	0.05	Costo: $US 0.48
Vinagre	2 chdas	0.30	0.13	Cantidad: 5 personas
Aceite	1/2 chda	0.05	0.02	
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	
Sal y pimienta al gusto		0.10	0.05	

Preparación: Picar la cebolla en cubitos pequeños. Mezclar todos los ingredientes en un plato y aflojarlos con vinagre y aceite. Sazonar con sal y pimienta. Sirve para acompañar carnes, papas y pescado.

– Soltero de tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Tarwi fresco	5 tazas	0.80	0.8	Aporte calórico: 3.748 Kcal
Arvejitas	2 tazas	0.5	0.23	Aporte proteíco: 212 g
Choclo	3 tazas	0.4	0.18	Costo total: S/. 4.800
Zanahoria picada	5 tazas	0.3	0.13	Costo: $US 0.48
Cochachuyo	1 taza	0.3	0.13	Cantidad: 6 personas
Queso	1 unidad	1.0	0.46	
Ají verde	4 unidades	0.2	0.09	
Lechuga, sal, pimienta al gusto		0.3	0.13	

Preparación: Cocinar las arvejitas, choclo y la zanahoria picada en cuadraditos. Quitar las narices del mote o choclo. Acomodar en una fuente el tarwi fresco de preferencia pelado. Adicionar el mote, zanahoria, arvejitas, cochayuyo, cebolla picada en larguitos, el queso y ají o rocoto picado en cuadraditos. Sazonar con pimienta, aceite, limón, vinagre, sal al gusto y luego mezclar bien. Servir adornado con una hoja de lechuga, tomate en rodaja, perejil picado.

– Papas a la cusqueña con tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Ají amarill	3 unidades	0.20	0.09	Aporte calórico: 3.237 Kcal
Tarwi fresco	21/2 tazas	0.75	0.34	Aporte proteico: 185
Queso fresco	1 taza	0.35	0.16	Costo total: S/. 3.25
Maní tostado	1/2 taza	0.25	0.11	Costo: $US 1.49
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Cantidad: 6 personas
Panes	2 unidades	0.10	0.05	
Aceite	3 chdas	0.10	0.05	
Papas	1 kilo	0.40	0.18	
Lechuga	1 unidad	0.20	0.09	
Huevos	3 unidades	0.60	0.27	
Aceitunas	12 unidades	0.15	0	
Sal al gusto		0.05	0.02	

Preparación: Moler o licuar el ají, tarwi fresco de preferencia pelado, queso, maní tostado, cebolla ligeramente dorada, pan remojado y sal al gusto, añadiendo poco a poco los ingredientes juntamente con el agua, hasta que tome consistencia de ocopa. Añadir a la crema 3 cucharadas de aceite, dejar hervir 5 minutos, retirar del fuego y dejar enfriar. Servir con papas sancochadas adornando con lechuga, huevo y aceitunas.

– Puré de tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Tarwi fresco	5 tazas	1.75	0.80	Aporte calórico: 6.235 Kcal
Huacatay	1/2 taza	0.10	0.05	Aporte proteico: 193 g
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Costo total : S/. 2.550
Ajo	3 dientes	0.05	0.02	Costo: $US 1.17
Aceite	4 chdas	0.05	0.02	Cantidad: 6 personas

Papa	1/2 kilo	0.20	0.09	
Queso	1 taza	0.30	0.13	

Preparación: Moler o licuar el tarwi fresco juntamente con las hojas de huacatay. Preparar un aderezo con cebolla picada en cuadraditos, ajo y aceite. Añadir al aderezo cinco tazas de agua (1 litro), el tarwi molido y mezclar lentamente, dejar hervir por 5 minutos, agregar las papas sancochadas previamente peladas. Incorporar el queso desmenuzado, sazonar con sal retirar del fuego. Servir acompañado con bistec.

– Torrejas de tarwi con hojas verdes

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi fresco	21/2 tazas	0.75	0.34	Aporte calórico: 1.670 Kcal
Harina de trigo	4 tazas	1.00	0.46	Aporte proteíco: 75 g
Huevos	3 unidades	0.60	0.27	Costo total: S/. 1.775
Hojas verdes	1 taza	0.10	0.05	Costo: $US 1.73
Polvo de hornear	1 chdita	0.05	0.02	Cantidad: 5 personas
Aceite	1/4 litro	0.875	0.40	
Sal y pimienta al gusto		0.10	0.05	

Preparación: Batir las claras de huevo a punto de nieve, agregar las yemas uno a uno; añadir la harina cernida con agua hervida fría. Agregar el tarwi molido y mezclar bien hasta que salga una masa uniforme. En un recipiente aparte picar las hojas verdes y ablandar con agua hervida, estas hojas picadas incorporar a la mezcla anterior. Finalmente añadir el polvo de hornear o royal, sal al gusto y mezclar uniformemente, tener cuidado de que la masa tenga buena consistencia. Freir dándole la forma de torreja. Servir acompañando de arroz graneado o papas sancochadas

– Puré de espinacas con tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Papa	1/2 kilo	0.20	0.09	Aporte calórico: 2.128 Kcal
Harina de tarwi	1 taza	0.40	0.18	Aporte proteico: 79 g
Espinaca	1/2 kilo	0.20	0.09	Costo total: S/. 2.25
Mantequilla	3 chdas	0.10	0.05	Costo: $US 1.03
Leche evaporada	1 tarro	1.30	0.59	Cantidad: 6 personas
Sal al gusto		0.05	0.02	

Preparación: Sancochar las papas y estrujar hasta obtener puré. Sancochar las espinacas en sufí enciente cantidad de agua. Licuar las espinacas en una parte de su líquido de cocción, teniendo cuidado de que este frío. En una olla derretir la mantequilla e incorporar la harina de tarwi disuelto en un poco de agua a manera de papilla y dejar hervir por 5 minutos. Incorporar el puré de papas, las espinacas licuadas y la leche, mezclar hasta obtener la consistencia deseada, sazonar con sal y retirar del fuego.

– Puré de zapallo con tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi pelado	3 tazas	0.90	0.04	Aporte calórico: 1.652 Kcal
Aceite	4 chdas	0.10	0.05	Aporte proteico: 72 g
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	Costo total: S/. 2.450

Ajo	5 dientes	0.10	0.05	Costo: $US 1.12
Zapallo picado	5 tazas	0.30	0.13	Cantidad: 6 personas
Papa	1 kilo	0.40	0.18	
Llullucha	1 taza	0.30	0.13	
Huacatay	1 taza	0.20	0.13	
Sal al gusto		0.05	0.02	

Preparación: En una olla preparar un aderezo con el aceite, cebolla y ajo, agregar 4 tazas de agua y dejar hervir. Añadir el zapallo picado en cuadraditos, cocinar por 15 minutos, adicionar las papas peladas enteras, las habas peladas y sal al gusto, cuando esté bien cocinado incorporar el tarwi pelado, la llullucha, el queso desmenuzado y el huacatay picado. Servir acompañado de arroz graneado.

– Tortilla de plátano con tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de tarwi	1 taza	0.30	0.13	Aporte calórico: 2.580 Kcal
Huevos	3 unidades	0.60	0.27	Aporte proteico: 126 g
Harina de trigo	1 taza	0.20	0.09	Costo total: S/. 2.05
Leche	1/2 taza	0.60	0.27	Costo: $US 0.94
Plátanos	2 unidades	0.10	0.05	Cantidad: 8 personas
Polvo de hornear	1 chdita	0.05	0.02	
Azúcar al gusto		0.10	0.05	

Preparación: Batir los huevos e incorporar poco a poco las harinas de trigo y tarwi, juntamente con al agua, removiendo constantemente para evitar que se forme grumos, hasta que tome la consistencia adecuada. Añadir a la mezcla el polvo de hornear, los plátanos picados y azúcar al gusto. Freir dandole la forma de tortilla con suficiente cantidad de aceite.

– Escabeche de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi pelado	3 tazas	0.25	0.11	Aporte calórico: 6.801 Kcal
Coliflor	1 unidad	0.40	0.18	Aporte proteico: 219 g
Vainitas	1/2 kilo	0.60	0.27	Costo total: S/. 3.750
Arvejitas	1/2 kilo	0.70	0.32	Costo: $US 1.72
Zanahoria	1/2 kilo	0.20	0.09	Cantidad: 6 personas
Aceite	4 chdas	0.09	0.04	
Ají molido	1/4 taza	0.15	0.06	
Pimienta	1 chdita	0.05	0.02	
Cebolla	1 kilo	0.30	0.13	
Aceituna	1/4 kilo	0.75	0.34	
Sal, orégano, vinagre al gusto		0.30	0.13	

Preparación: Hacer hervir la coliflor, vainitas y zanahorias cortado en tiritas; sancochar las arvejitas y cebollas partidas en dos en forma separada. Preparar un aderezo con el aceite, ají molido, orégano, sal y pimienta. Incorporar al aderezo las cebollas sancochadas, mezclar con las verduras y el tarwi fresco pelado. Sazonar con vinagre, servir adornado con lechuga y aceituna.

– Hamburguesas mixtas de tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Tarwi fresco	21/2 tazas	0.28	0.12	Aporte calórico: 6.973 Kcal
Carne molida	2 tazas	1.50	0.69	Aporte proteico: 193 g
Harina	1/2 taza	0.10	0.05	Costo total: S/. 4.175
Pan molido	1/2 taza	0.10	0.05	Costo: $US 1.92
Huevo	1 unidad	0.20	0.09	Cantidad: 12 personas
Tomates	2 unidades	0.10	0.05	
Aceite	1/4 litro	0.875	0.40	
Lechuga	1 unidad	0.20	0.09	
Sal, pimienta, perejil		0.20	0.09	
Pan	12 unidades	0.60	0.27	

Preparación: En un tazón adecuado, mezclar bien el tarwi molido, carne molida, harina, el huevo, ajo, perejil picado, pimienta y sal. Formar hamburguesas y cubrirlas con el pan molido. Freir las hamburguesas en aceite caliente. Preparar sandwich de hamburguesas con el pan, lechuga y tomate.

Postres de tarwi

– Torta de tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Harina de tarwi	1 taza	0.50	0.23	Aporte calórico: 6.797 Kcal
Harina de trigo	5 tazas	1.25	0.57	Aporte proteico: 188 g
Azúcar	1 taza	0.25	0.11	Costo total: S/. 5.0
Mantequilla	1 pqte	0.80	0.36	Costo: $US 2.30
Huevos	5 unidades	1.00	0.46	Cantidad: 20 personas
Polvo de hornear	2 chditas	0.10	0.05	
Naranjas	5 unidades	0.90	0.04	
Pisco	2 copitas	0.20	0.09	

Preparación: Mezclar el azúcar con mantequilla hasta que esté cremoso, añadir las yemas y seguir batiendo. Mezclar separadamente la harina preparada, harina de tarwi y polvo de hornear. Incorporar las harinas a la preparación y añadir poco a poco el jugo de naranja, según se va mezclando. Batir las claras a punto de nieve e incorporar a la mezcla. Añadir el pisco y mover la mezcla lentamente, hasta que esté uniforme. Vaciar la mezcla en un molde engrasado. Hornear a 180ºC por 45 minutos.

– Galletas de tarwi

Ingredientes:		Precios S/.	$US	
Harina de tarwi	1 taza	0.50	0.23	Aporte calórico: 219 Kcal
Harina de trigo	5 tazas	1.25	0.57	Aporte proteico: 4 g
Polvo de hornear	2 chdita	0.05	0.02	Costo total: S/. 2.950
Mantequilla	150 g	0.60	0.27	Costo: $US 1.35
Yemas de huevo	4 unidades	0.20	0.09	Cantidad: 80 galletas
Azúcar	1/2 taza	0.15	0.06	

Naranjas	2 unidades	0.20	0.09

Preparación: Mezclar la harina preparada, harina de tarwi y el polvo de hornear, luego colocar sobre la mesa, hacer un hoyo en la harina y agregar la mantequilla en pedacitos, las yemas de huevo y el azúcar diluida en jugo de naranja. Mezclar nuevamente hasta formar una masa suave y manejable. Reposar la masa 15 minutos. Estirar la masa con un rodillo hasta obtener una masa delgada de Ω cm de grosor. Cortar dando forma de galletas. Colocar en latas engrasadas, pinceladas las galletas con la yemas batidas y hornear 180∞C por espacio de 15 minutos.

– Mazamorra de naranja con tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de tarwi	1 chda	0.90	0.04	Aporte calórico: 274 Kcal
Harina de maíz	21/2 chdas	0.17	0.07	Aporte proteico: 9 g
Azúcar	1/2 chda	0.10	0.05	Costo total: S/. 0.710
Mantequilla	1/2 chdita	0.05	0.02	Costo: $US 0.32
Jugo de naranja	1/2 taza	0.20	0.09	Cantidad: 6 personas
Anís	5 g	0.05	0.02	
Canela molida		0.05	0.02	

Preparación: En una olla poner al fuego el agua, azúcar y anís. Disolver las harinas en cantidad suficiente de agua y añadir a la olla, moviendo constantemente. Remover o dejar hervir hasta que las harinas estén bien cocidas. Agregar al final el jugo de naranja y retirar del fuego. Servir adornado con canela molida.

– Champus agrios de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de tarwi	1/2 taza	0.20	0.09	Aporte calórico: 1.352 Kcal
Harina de maíz	1/2 taza	0.20	0.09	Aporte proteico: 30 g
Mote cocido	1 taza	0.20	0.09	Costo total: S/. 2.370
Piña	1 rodaja	0.30	0.13	Costo: $US 1.09
Membrillo	1 unidad	0.20	0.09	Cantidad: 10 personas
Guanábana	2 tazas	0.90	0.04	
Chancaca	11/2 tapa	0.15	0.06	
Agua	61/2 tazas	0.12	0.05	
Canela y clavo de olor al gusto		0.10	0.05	

Preparación: Poner a remojar la harina de maíz en un recipiente con agua caliente durante 24 horas para que fermente. Colocar en una olla de agua, clavo de olor, mote y las frutas peladas y partidas en trozos medianos. Cuando rompe el hervor añadir las harinas y las chancacas raspadas. Dejar a fuego lento moviendo constantemente hasta que las harinas estén bien cocidas y tome una consistencia espesa.

– Tamal con tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de maíz	1/2 taza	0.20	0.09	Aporte calórico: 1.352 Kcal
Maíz blanco	2 tazas	0.80	0.36	Aporte calórico: 2.012 Kcal
Harina de tarwi	2 tazas	0.80	0.36	Aporte proteico: 74 g

Manteca	1 taza	0.70	0.32	Costo total: S/. 2.750
Licor	2 copitas	0.20	0.09	Costo: $US 1.72
Polvo de hornear	1 chdita	0.10	0.05	Cantidad: 20 tamales
Cebolla	1 unidad	0.10	0.05	
Carne picada		1.00	0.46	
Sal al gusto		0.05	0.02	

Preparación: Pelar el maíz y mezclar con la harina de tarwi previamente cernida. Derretir la manteca y añadir a la mezcla de harinas y amasar hasta que se ponga suave. Si la masa resulta muy seca añadir agua hervida fría, hasta que tome una consistencia blanda, agregar el licor, polvo de hornear y sal al gusto. Verter en porciones sobre la panca, colocar una cucharadita de carne encebollada previamente preparada. Poner a cocinar a vapor por 30 ó 45 minutos.

– Humita cusqueña con tarwi

		Precios		
Ingredientes:		**S/.**	**$US**	
Tarwi fresco	21/2 taza	0.80	0.36	Aporte calórico: 3.588 Kcal
Choclo desmenuzado	5 tazas	1.00	0.46	Aporte proteico: 96 g
Manteca	200 g	0.50	0.23	Costo total: S/. 2.400
Azúcar y canela al gusto		0.10	0.05	Costo: $US 1.10
				Cantidad: 20 humitas

Preparación: Moler en batán o molinillo de mano el tarwi fresco y el choclo de preferencia descascarado. Mezclar inmediatamente los granos molidos, la manteca y azúcar al gusto. Verter en porciones sobre la panca de choclo, colocar un pedazo de canela o anís al centro y hacer las humitas. Poner a cocinar a vapor durante 30 ó 45 minutos.

– Mazamorra de kallpawawa

		Precios		
Ingredientes:		**S/.**	**$US**	
Manzanas	4 unidades	0.35	0.16	Aporte calórico: 240 Kcal
Kallpawawa	1 bolsita	0.50	0.23	Aporte proteico: 521 g
Azúcar	2 chdas	0.05	0.02	Costo total: S/. 1.000
Canela al gusto		0.10	0.05	Costo: $US 0.46
				Cantidad: 5 personas

Preparación: En un recipiente medir 5 tazas de agua, añadir canela, las manzanas picadas o cualquier otra fruta de la estación y dejar hervir por 3 minutos. Incorporar la kallapawawa disuelta en agua a manera de papilla, someterlo a cocción hasta que espese aproximadamente por 5 minutos, agregar el azúcar y retirar del fuego.
Nota: Preparación de la mezcla kallpawawa con harina tostada de tarwi, harina tostada de quinua, harina tostada de maíz y azúcar.

– Canchita de tarwi

		Precios		
Ingredientes:		**S/.**	**$US**	
Tarwi fresco pelado	5 tazas	1.80	0.82	Aporte calórico: 463 Kcal
Mantequilla	2 chdas	0.12	0.05	Aporte proteico: 17 g

Sal	1 chdita	0.05	0.02	Costo total: S/. 1.970 Costo: $US 0.90 Cantidad: 200 g

Preparación: Lavar y pelar el tarwi fresco. Extender los granos al sol para que seque, por un lapso de media día. Tostar los granos de tarwi en una sartén, con dos cucharas de aceite o mantequilla, teniendo cuidado de formar una sola capa del grano. Cuando se tornen dorados, reducir el fuego mover constantemente hasta que el grano se abra en dos. En caso de cancha dulce se dispersa el azúcar, encima de los granos y se retira del fuego, y en caso de bocadillo salado se añade sal molida.

– Pan de Tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de trigo	7 tazas	2.0	0.92	Aporte calórico: 7.123 Kcal
Harina de tarwi	1 taza	0.5	0.23	Aporte proteico: 185 g
Levadura	1 chda	0.2	0.09	Costo total: S/. 3.15
Agua tibia	4 tazas	0.1	0.05	Costo: $US 1.45
Manteca	1/2 taza	0.3	0.13	Cantidad: 40 panes
Sal	1/2 chda	0.05	0.02	

Preparación: Colocar la harina de trigo en una arteza recipiente o limpio, agregar la levadura y 50 g de azúcar, mezclar poco a poco con agua tibia hasta formar una masa suave, dejar fermentar durante dos horas. Añadir a la masa fermentada la harina de tarwi, la manteca, el resto de azúcar y luego amasar frotando continuamente, hasta obtener una masa brillosa manejable que se pueda desprender fácilmente de las manos. Formar bolitas espolvoreando con harina y dejar en reposo unos 10 minutos. Formar pancitos y colocar en bandejas o latas limpias y dejar fermentar nuevamente por 30 minutos, hasta que empiece a esponjar. Colocar los pancitos en horno caliente (180º-200ºC).

Bebidas de tarwi

– Desayuno de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi fresco	3 tazas	0.90	0.04	Aporte calórico: 1.819 Kcal
Agua	5 tazas	0.10	0.05	Aporte proteico: 87 g
Chocolate, azúcar y canela al gusto		0.60	0.27	Costo total: S/. 1.600 Costo: $US 0.73 Cantidad: 10 personas

Preparación: Licuar el tarwi fresco pelado en suficiente cantidad de agua, semejante a la leche de soya. En un recipiente medir 5 tazas de agua, agregar canela, el tarwi licuado y dejar hervir por 5 minutos. Incorporar 1 taza de chocolate o cocoa disuelta en agua hervida y azúcar al gusto y servir.

– Jugo de papaya con harina de tarwi

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Tarwi fresco	3 tazas	0.90	0.04	
Harina de tarwi	1/2 taza	0.40	0.18	Aporte calórico: 509 Kcal

Papaya	1 unidad	0.70	0.32	Aporte proteico: 16 g
Agua	2 vasos	0.10	0.05	Costo total: S/. 1.600
Naranja	1 unidad	0.20	0.06	Costo: $US 0.73
Azúcar al gusto		0.20	0.09	Cantidad: 4 personas

Preparación: Disolver la harina de tarwi en una taza de agua y dejar hervir 3 minutos. Aparte pelar la papaya y licuar con el agua hervida fría. Agregar la cocción de harina de tarwi, el jugo de naranja, azúcar al gusto y mezclar el preparado.

– Avena con tarwi y cocoa

Ingredientes:		**Precios S/.**	**$US**	
Harina de tarwi	3 chdas	0.2	0.09	Aporte calórico: 584 Kcal
Avena	1 chdas	0.15	0.06	Aporte proteico: 25 g
Leche evaporada	11/3 tazas	0.8	0.36	Costo total: S/. 1.650
Cocoa	2 chdas	0.2	0.09	Costo: $US 0.76
Canela	1 tira	0.05	0.02	Cantidad: 6 personas
Agua	31/2 tazas	0.05	0.02	
Azúcar	5 chdas	0.20	0.09	

Preparación: Poner en una cacerola el agua, canela, azúcar, cocoa y dejar hervir. Agregar la avena y harina de tarwi, moviendo bien para que no se hagan grumos. Retire del fuego y añádale la leche evaporada.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 483-508.

Multiplicación y conservación de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) y ajipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi)

Steen Randers Knudsen[1,2], Bo Ørting[1,3] & Marten Sørensen[1,4]

[1]Botany Group, Department of Ecology, Royal Veterinary & Agricultural University,
Rolighedsvej 21, DK-1958 Frederiksberg C, Dinamarca
[2]srknudsen@mail.dk, [3]boor@compaqnet.dk, [4]ms@kvl.dk

Abstract

For *ex situ* conservation of Andean root and tuber crops (vegetatively reproduced) the reproductive biology of two plants is compared: the sexually reproduced ajipa (*Pachyrhizus ahipa*) and the vegetatively reproduced arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). A selection of landraces of both crops – in the case of arracacha also wild material – were studied in field (arracacha in Peru and ajipa in Spain and Portugal) and greenhouse experiments (at KVL, Copenhagen). Flowering and phenology were studied in experiments designed to identify methods to flower induction in arracacha. Under different photothermal treatments the flowering induction were studied in both species. In arracacha the treatments furthermore involved dehydration and storage of crowns and cormels under different temperature regimes. Pollination compatibility and pollen viability were studied. The dichogamous arracacha plant has staminate and protogynous hermaphrodite flowers, the synchronised phenology of umbels of the same order separate sexual phases and prevent autogamy. However, the overlap between phases of umbels at different order allows geitonogamous selfing. Germination from crosses between wild genotypes and cultivars and open and self-pollinations were studied; seeds from two wild accessions were also included. A significant correlation between flowers (and seeds) produced per ajipa plant, the growth habit and latitudinal origin was recorded with northernmost plants having indeterminate growth habit and reduced flower production, whereas plants from the south had determinate growth and prolific flowering. Results from the greenhouse experiments coincided with the field. Seed-based *ex situ* conservation of root and tuber crops can be successful once the problems involving flower induction, self-compatibility and production of functional seeds are overcome.

Key words: ARTCs, Flower induction, Floral abscission, Sexual propagation, Conservation.

Resumen

Para la conservación *ex situ* en cultivos andinos de raíces y tubérculos vegetativamente reproducidos, se comparó la biología reproductiva de ajipa (*Pachyrhizus ahipa*) sexualmente reproducida y arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) vegetativamente reproducida. Una selección de razas del campo de ambos cultivos – en la arracacha también material silvestre – fue estudiada en el campo (arracacha in Perú y ajipa en España y Portugal) y en experimentos de invernadero (en KVL, Copenhagen). La floración y fenología fueron estudiadas para identificar métodos de inducción de floración en la arracacha. Se evaluó su influencia en la inducción floral bajo diferentes tratamientos fototérmicos. Para probar la inducción floral en la arracacha los tratamientos incluyeron deshidratación y almacenaje de coronas y cormelos bajo regímenes térmicos. Se estudió la compatibilidad de polinización y viabilidad del polen en ambas especies. La arracacha es dicógama (flores estaminadas y flores hermafroditas protóginas); la fenología sincronizada de umbelas en el mismo orden separa fases sexuales y previene la autogamia. Sin embargo, al superponerse las fases en umbelas de diferente orden permite la geitonogamia. Se estudió la semilla de cruces entre genotipos silvestres y cultivares, así como polinizaciones abiertas y autopolinizaciones; también se incluyó semillas de dos accesiones silvestres. Hay correlación significativa entre flores (y semillas) por cada planta de ajipa, hábito de crecimiento y origen latitudinal con plantas norteñas de crecimiento indeterminado y producción floral reducida, mientras que las sureñas presentaron crecimiento determinado y flores prolíficas. Los resultados de invernadero coinciden con los del campo. La conservación *ex situ* basada en semillas puede ser exitosa una vez resueltos los problemas de inducción de floración, autocompatibilidad y producción de semillas funcionales.

Palabras clave: RTA, Inducción floral, Abscición floral, Propagación sexual, Conservación.

Introducción

Las raíces y tubérculos figuran prominentemente entre cultivos específicos de la región andina debido a sus considerables variaciones de hábitat y también taxonómicas. Los cultivos de raíces y tubérculos andinos son todos virtualmente propagados vegetativamente, es decir, usando las raíces tuberosas (a menudo son adventicias), gajos o esquejes o propágalos específicos, como en el caso de la arracacha y el yacón (*Smallanthus sonchifolius*). Para la conservación *in situ*, este método de propagación es confiable cuando localmente se conservan a los clones, pero tiene varias limitaciones cuando es almacenado como material para plantar, en el control de enfermedades virales y de bacterias, pero especialmente en métodos eficientes para la conservación de germoplasma. Las colecciones existentes *ex situ* de estos cultivos son todas basadas en colecciones vivas, en que su mantenimiento es muy costoso y son demandantes de trabajo, ya que estas colecciones son limitadas en número y por lo tanto también son vulnerables a riesgos climáticos. En comparación a los cultivos de raíces y tubérculos propagados por semillas – pese a están caracterizados por procesos reproductivos más complejos – son más económicos en su almacenamiento, estos materiales a ser plantados (semillas) tienen reducidos riesgos en ser contaminados, el germoplasma retendrá su viabilidad por un periodo extendido y su distribución es fácil.

Con el fin de superar las limitantes descritas cuando se conservan raíces y tubérculos andinos, durante la reciente década y bajo el auspicio del Centro Internacional de la Papa (CIP, en Lima, Perú) se realizaron experimentos para estudiar las posibilidades de propagación sexual en cultivos que tradicionalmente son propagados vegetativamente. Para cada cultivo el diseño experimental debe atender sus rasgos específicos de reproducción sexual, es decir si requiere floración natural o inducción floral, si es autoincompatible o autocompatible y si produce naturalmente semillas viables o se requiere el rescate del embrión.

Para ejemplificar los diferentes problemas de almacenamiento *ex situ* – asociados con iniciativas de conservación que involucran a cultivos de raíces y tubérculos andinos – los dos ejemplos presentados aquí son la arracacha (propagada vegetativamente) y la ajipa (propagada por semillas). Los resultados de los experimentos que incluyen a ambos cultivos sirven para demostrar cómo las limitantes pueden ser superadas.

Materiales y métodos

Arracacha

El género del Nuevo Mundo – *Arracacia* al que pertenece la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr., Apiaceae) y es la única especie cultivada – está representado por 30 especies (Mathias & Constance 1962). La arracacha que es conocida por haber sido cultivada tanto como muchos otros cultivos de raíces y tubérculos andinos (Bukasov 1981), se restringe a zonas de montañas de los Andes del norte y se extiende hasta Bolivia y norte de Chile (Hermann 1997). Pero se la encuentra mayormente bajo cultivo desde Venezuela hasta Bolivia, aunque algunos cultivos también se dan en Costa Rica, Puerto Rico y Brasil (Hermann 1997). En Sud América se estima que actualmente este cultivo es un alimenticio para 80-100 millones de personas (Hermann 1997), debido a que sabor único y propiedades en almidón son altamente apreciados y se la considera un valioso alimento (Pereira 2000). La arracacha ha sido mencionada durante muchos años como un cultivo de valor económico potencial y con posibilidades de expansión; sin embargo, muy poco se ha logrado en la vía de explorar el potencial de esta planta o para desarrollar evaluaciones integrales de sus posibilidades. Este cultivo fue

ampliamente ignorado hasta la mitad de los 80's por agrónomos e investigadores, hoy en día se dispone de abundante bibliografía que cubre aspectos de su cultivo (Santos & Spina 1994). Sin embargo, virtualmente nada se conocía sobre su biología reproductiva hasta los estudios reportados por Hermann (1997), Knudsen *et al.* (2001) y Knudsen (2003). La mayor parte de la investigación sobre la arracacha se encuentra en libros raros (antiguos y de pocas copias), tesis no publicadas, revistas desconocidas o como resúmenes de conferencias, a menudo con descripciones incompletas del diseño experimental. Una compilación exhaustiva de la historia de cultivo es presentada en Knudsen (2003).

Tanto el origen como ascendencia de la arracacha todavía tienen que ser identificados, sin embargo, está ampliamente aceptado que la arracacha fue inicialmente domesticada en los Andes y que ello jugó un rol significativo en la cultura local preincaica (Hodge 1954, Freidberg 1982). La arracacha es probablemente la única umbelífera domesticada en el Nuevo Mundo (Freidberg 1982), pese a que *Eryngium foetidum* es ampliamente usada como un sustituto del culantro (*Coriandrum sativum*) según León (2000).

La arracacha produce varios tubérculos, raíces laterales que constituyen la parte comestible, un rizoma y varios tallos laterales cortos, engrosados (cormelos que sirven como propágalos), así como un exuberante follaje (Figura 1). Es perenne pero se cultiva como anual. Se propaga vegetativamente al cortar sus tallos, donde 1-2 cm de la porción apical del tallo engrosado – el cormelo – es usado para propágalos (Figura 2). En los siguientes 8-12 meses las plantas van a crecer hasta madurar, produciendo varias raíces del tamaño de una zanahoria. El cultivo puede ser cosechado inmediatamente una vez que se obtenga el tamaño comercial o dejado en el campo por varios meses y recogido cuando sea necesario. Tradicionalmente ha sido rotado con maíz (*Zea mays*), plátano (*Musa* spp.) y café (*Coffea* spp.) (Hodge 1954), sin embargo el monocultivo es común en algunas áreas de los Andes y especialmente en Brasil (Santos 1997a). La arracacha es un cultivo menor y no cubre más de 20.000 ha en los Andes (Hermann 1997), mientras que en Brasil como el mayor productor tiene >10,000 ha en cultivo (Santos 1997a). Las cosechas entre 25-30 t/ha han sido registradas de parcelas experimentales en Brasil (Giordano *et al.* 1995, Charchar & Santos 1997), pero 8–13 t/ha parece ser una cosecha promedio en cultivo (Santos 1997a), siendo en los Andes probablemente menos. Aparte de las raíces de reserva, se produce una cantidad considerable de tallos corchosos y rizomas, los cuales totalizan 18–90% de la materia seca producida (Higuita 1968, Hermann 1997). El requerimiento de fertilizantes por el cultivo es bajo y la arracacha responde con follaje vigoroso y una prolongada duración del cultivo frente a la aplicación de nitrógeno (Hermann 1997). Knudsen (2003) reseñó los aspectos del uso, composición y postcosecha del cultivo.

Respecto a la biología reproductiva de la arracacha se relaciona – como ya se indicó – a las verduras bien conocidas como zanahoria, chirivia y apio, pero en contraste a éstos que son del Viejo Mundo la arracacha se propaga vegetativamente, una característica que es única en las Apiaceae. Poco se conoce sobre la biología de la reproducción sexual de la arracacha, como el interés ha sido limitado en este aspecto y básicamente nada se conoce sobre aspectos como inducción floral, compatibilidad, factores que limitan al juego de semillas en los Andes y la reducida germinación de semillas. La floración es raramente observada en campos cultivados de los Andes (Hodge 1954, Bristol 1988, Hermann 1997), mientras que es regularmente observado en colecciones de germoplasma (pers. obs.) y en campos del sur de Brasil (Zanin & Casali 1984, Santos 1997b). Las observaciones de campo han orientado una serie de teorías respecto a la floración de la arracacha (Hodge 1954, Higuita 1968, Zanin & Casali 1984, Bristol 1988). En Apiaceae la

Fig. 1: Planta de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) con tubérculos y cormelos con hojas por encima de las raíces engrosadas. Con 12 meses de edad cultivada en la colección de germoplasma de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú (Foto: S.R. Knudsen).

floración de cultivos generalmente es inducida por una baja temperatura o fotoperiodo o una combinación de ambos (Hiller & Kelly 1979, Peterson *et al.* 1993, Ramin & Atherton 1994). Bajaña (1994) demostraron que ninguno de estos factores ya sea separados o combinados tiene efectos en la floración de arracacha. Más bien la deshidratación de las plantas maduras ha mostrado que induce la floración en una serie de experimentos preliminares (Bajaña 1994, Hermann 1997, Sediyama & Casali 1997). Sin embargo, estos experimentos no incluyen a un grupo control. En un reciente experimento, no se encontraron diferencias de floración entre el grupo control y los tratamientos de deshidratación (Knudsen *et al.* 2001). Todavía no se ha descrito un método confiable para inducir a la floración, esto también se aplica a la compatibilidad entre especies de *Arracacia* y razas del campo de arracacha, por lo tanto la biología floral en arracacha requiere mayor investigación. La umbela porta tanto flores perfectas protóginas como estaminadas, la fenología floral previene de la autopolinización y endogamia, por lo que se promueve el exocruzamiento. Sin embargo, el juego de frutos regularmente ha sido reportado en campos de Brasil que la arracacha es autocompatible, en tanto que un solo clon haya sido usado (Bustamante *et al.* 1997). La baja viabilidad de la semilla coleccionada (Sediyama *et al.* 1990a, 1990b) y el raro juego de semillas observado en los Andes (Hodge 1954) podrían sugerir que la arracacha sufre de ciertos problemas reproductivos sexuales.

Una serie de experimentos fueron dirigidos para investigar diferentes aspectos que influyen a la floración de la arracacha, como los siguientes:

- Deshidratación y almacenaje de propágulos (= cormelo) y coronas
- Duración de la deshidratación y tratamientos de almacenaje

Fig. 2: Cormelos de 11 meses de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) preparados para los tratamientos de inducción de floración, es decir, cosechados frescos antes de la sequía y/o de tratamientos fríos. Estación de investigación CIP de San Ramón, Perú (Foto: S.R. Knudsen).

- Temperatura durante la deshidratación y almacenaje
- Razas del campo
- Preparación de cormelos previo a ser plantada
- Posición de cormelos en la corona
- Edad de las plantas
- Localización de cultivos de las plantas para los experimentos

Los tratamientos fueron aplicados en tres ambientes:

1. **Laboratorio:** Temperatura promedio 20°C (17-22°), humedad relativa 65% (25-100%)
2. **Invernadero:** Temperatura promedio 15°C (8-24°C), humedad relativa 69% (20-100%)
3. **Refrigerador:** Temperatura promedio 5°C (3-7°C)

Tratamientos (Tabla 1)

- **Control-1:** Remoción completa de peciolos del cormelo, extrayendo 1–2 cm de la parte basal del cormelo y plantada al comienzo de la deshidratación y tratamientos de almacenaje.
- **Control-2:** Remoción parcial de los peciolos, es decir 5-10 cm del peciolo dejado en el cormelo, extrayendo 1-2 cm de la parte basal del cormelo y plantado al mismo tiempo que Control-1.
- **Control-3:** Remoción completa de los peciolos del cormelo, reducida hasta 1-2 cm de la parte apical del cormelo y plantada al mismo tiempo que Control-1.
- **Control-4:** Remoción parcial de los peciolos del cormelo, reducido hasta 1-2 cm de la parte apical del cormelo (método tradicional de propagación) y plantado al mismo tiempo que Control-1.
- **Control-corona:** Remoción completa de los peciolos, corona plantada al comienzo de la deshidratación y tratamientos de almacenaje.

Al observar los métodos de reproducción, arracacha tiene algunas reservas obvias de cultivo (como fue planteado antes y pese a sus buenas propiedades nutritivas), siendo la mayor el largo y laborioso ciclo de cultivo y la corta vida postcosecha. Algunos de los problemas agronómicos en arracacha pueden

probablemente ser resueltos mediante cambios en los métodos de cultivo, mientras que otros requerirán reproducción y selección dirigidas por los tratamientos deseados. La reproducción de arracacha ha sido largamente impedida por la ausencia de plantas florecidas, la ausencia de conocimientos respecto a la biología reproductiva sexual y la práctica cultural, donde el interés en el cultivo ha sido limitado, así como demandas para mejorar la producción o el que no se haya registrado cultivares resistentes. Por lo tanto, la arracacha es todavía un cultivo nativo (primitivo) en los Andes, ya que no ha sido nunca reproducido intensivamente y es exclusivamente propagado en forma vegetativa, pese a que existe una gran variación de razas del campo, aparentemente basadas en forma de la raíz, color y usos (Meza 1995).

Ajipa

El género neotropical *Pachyrhizus* (Fabaceae) incluye a cinco especies, de las cuales tres son cultivadas por sus raíces tuberosas: *P. erosus*, *P. tuberosus* y *P. ahipa*. El área de distribución de *Pachyrhizus ahipa* –inicialmente descrita como *Dolichos ahipa* por Weddell (1857)– se extiende desde 16° hasta 25° S en Bolivia/ norte de Argentina en valles andinos subtropicales a 1.000–2.500 m a lo largo de las laderas orientales (Parodi 1935, Burkart 1952, Sørensen 1990, Ørting *et al.* 1998). No hay registros de plantas indudablemente silvestres. No se ha identificado ni un progenitor silvestre de *P. ahipa* y su origen geográfico todavía permanece desconocido. Brücher (1977, 1989) sostiene que la localización probable debió ser la ceja de montaña de la región andina.

Tabla 1: Códigos de tratamientos y su especificación usada en los experimentos.

	Deshidra-tación	Almace-naje	3 semanas	4 semanas	Medio	Cormelo	Corona
Tratamientos							
D3–1–cormel	x		x		1	x	
S3–1–cormel		x	x		1	x	
D4–1–cormel	x			x	1	x	
S4–1–cormel		x		x	1	x	
D3–2–cormel	x		x		2	x	
S3–2–cormel		x	x		2	x	
D4–2–cormel	x			x	2	x	
S4–2–cormel		x		x	2	x	
D3–3–cormel	x		x		3	x	
S3–3–cormel		x	x		3	x	
D4–3–cormel	x			x	3	x	
S4–3–cormel		x		x	3	x	
D3–2–crown	x		x		2		x
S3–2– crown		x	x		2		x
D4–2– crown	x			x	2		x
S4–2– crown		x		x	2		x
D4–3– crown	x			x	3		x
S4–3– crown		x		x	3		x
S8–1–cormel		x	8 semanas			1	x

Sørensen *et al.* (1997) proveen detalles sobre la historia de cultivo de *P. ahipa* y el estado del cultivo ha sido cuidadosamente estudiado durante la pasada década por Ørting *et al.* (1996), Grau (1997), Grau & Ørting (1997) y Sørensen *et al.* (1997). Las diferentes razas del campo de ajipa fueron encontradas en general amenazadas debido a la ausencia de promoción, introducción de nuevos cultivos y aislamiento de productores. Esto en combinación con la propagación de semillas y la limitada viabilidad de éstas bajo condiciones primarias de almacenaje demanda por urgentes iniciativas de conservación. Afortunadamente, las semillas son ortodoxas y mantienen su elevada viabilidad de 8+ años bajo condiciones óptimas de almacenamiento (Sørensen 1996).

La inducción floral en el género se da tanto en plantas de días cortos y largos. Aunque al nivel de especies, *P. ahipa* se desarrolla bajo fotoperiodos de días cortos y con temperaturas comparativamente bajas nocturnas en su área de origen; todas las accesiones conocidas son fototérmicamente neutras. Usualmente se la siembra en agosto-octubre (Bolivia) con poda reproductiva (remoción manual de flores) en noviembre-marzo y con legumbres maduras en abril-junio. La época de plantación es mayormente determinada por la estación de lluvias. Durante el periodo de floración, la labor de poda reproductiva intensiva es realizada una o dos veces. La poda floral solo es necesaria hasta cierto punto, cuando la formación del tubérculo está mayormente afectada por el número de vainas producidas por planta que se desarrollan totalmente y no así por la cantidad de flores por plantas (Figura 3). Por lo tanto, la buena formación de tubérculos también se da en plantas profusamente florecidas, pero con una elevada tasa de absición. Las semillas son fáciles de cosechar debido a las legumbres indehiscentes y que generalmente tienen alto peso de semillas (mil).

Se ha reportado que las razas del campo tienen dos estrategias de multiplicación de semillas, en esta especie que es predominantemente autopolinizada (Ørting *et al.* 1996), mientras que *P. erosus* y *P. tuberosus* pueden ser consideradas como predominantemente autopolinizables, *P. ahipa* debe ser tomada en cuenta como semi autopolinizada de acuerdo a Sørensen (1996). Para ajipa la estrategia más común es seleccionar la planta más vigorosa dentro un campo para la producción de semilla y podar reproductivamente las restantes plantas para incrementar el crecimiento y producción de tubérculos (Castellanos *et al.* 1997, Diouf *et al.* 1998, Matos *et al.* 1998, Nielsen & Sørensen 1998 y Sørensen *et al.* 1997). La segunda estrategia involucra dejar a la legumbre que inicialmente fue producida en cada planta para la producción de semillas, seguida por la remoción de todas las subsecuentes flores producidas. En ambas prácticas, se dice que se ha implementado una selección indirecta al cosechar las semillas elegidas en base al mayor tamaño (Ørting *et al.* 1996). Se espera que ambas estrategias de multiplicación de semillas tengan un elevado impacto en la variación dentro de cada accesión individual. En los experimentos de invernadero se ha detectado una menor variación dentro de las accesiones multiplicadas por la primera estrategia en relación a una muy elevada variación registrada en aquellas multiplicadas por la segunda estrategia de multiplicación.

El funcionamiento polinizador observado en la ajipa no puede ser solo considerado como un resultado de la morfología floral, es decir por el estigma internamente curvado en estrecho contacto con las anteras; ya que también está determinado por una baja fertilidad del polen y presencia o ausencia de insectos polinizadores, es decir, el único método natural de exocruzamiento. En relación a la fertilidad del polen y número producido de flores, puede detectarse bajo condiciones de invernadero diferencias significativas entre las accesiones y la formación de tubérculos debido a interacciones de asignación de nutrientes entre vainas y raíz (en inglés: source/sink interactions). Pese a la baja fertilidad del polen,

Fig. 3: Raíces de ajipa (*Pachyrhizus ahipa*) de 245 días de edad, cultivada en la estación experimental de campo DRATOM en Tras-os-Montes, Portugal. Las raíces (divididas longitudinalmente) hacia la izquierda sin remoción de brotes reproductivos (flores y vainas en desarrollo), mientras que a la derecha están las raíces de una planta reproductivamente podada (Foto: J. Vieira da Silva).

pueden realizarse exitosamente cruces inter e intraespecíficos. Fueron obtenidos híbridos fértiles interespecíficos de todas las combinaciones (incluso de cruces recíprocos) que involucraron a las tres especies cultivadas con la excepción del cruce entre *P. ahipa* (femenino) x *P. tuberosus* (masculino), del que solo se obtuvieron semillas inviables. La fertilidad de híbridos fue en general reducida en un 10-20%, cuando se comparó con las especies parentales (Grum 1994, D.F. Adjahossou, pers. com.; P.E. Nielsen, pers. com. 2005).

A la luz de la conservación y también de la reproducción vegetal, debería enfatizarse que la combinación de reproducción vegetativa y generativa es única en las especies cultivadas. Esta combinación puede ser ventajosamente integrada en un programa de reproducción. Por lo tanto, en las estrategias reproductivas de las especies podrían ser tratadas como autopolinizadores anuales, clonables.

Bajo cultivo, la ajipa generará una mayor producción de tubérculos que en otros cultivos andinos (8-30 t ha^{-1} en Bolivia, 29-50 t ha^{-1} en México y ±35 t ha^{-1} en Portugal) al tener pocas limitaciones agronómicas y excelente adaptabilidad (Sørensen *et al.* 1997 y Vaz *et al.* 1998). La única condicionante es la necesidad de la poda reproductiva para fomentar el crecimiento del tubérculo, es decir, la optimización de la asignación de asimilaciones (Figura 4).

Para asegurar cantidades suficientes de semillas para los experimentos, se sembraron en el invernadero 611 semillas en agosto de 1999. Las semillas representaron 11 diferentes accesiones (tabla 2).

Estas accesiones fueron seleccionadas para asegurar la representación geográfica de las áreas conocidas de producción de *P. ahipa*. El material incluyó el origen latitudinal y altitudinal, hábito de crecimiento (a. tipos arbustivos con tallos determinados cortos y b. tipos trepadores con elongados tallos indeterminados trepadores), color de las flores (blanco y púrpura/violeta) y color de semillas (negra, lila y moteada). Todas las semillas derivadas de germoplasma de *Pachyrhizus* de la colección central preservada en KVL. Para

cada uno de los dos ensayos, se registraron los siguientes datos: Porcentaje de germinación, densidad de las plantas (en el primer experimento iniciado en septiembre de 1998 la densidad de plantas fue de 23-25 plantas m^{-2} para los tres primeros meses, luego disminuyó a 20 plantas m^{-2} en todo caso dentro el rango observado en cultivos de Bolivia, es decir 6-83 plantas m^{-2}). Para el experimento sembrado en agosto de 1999, las accesiones fueron separadas tanto como fue posible para reducir el riesgo de exocruzamiento con una densidad de plantas de 10-14 m^{-2}. En el ensayo de mayo de 2000, la densidad de plantas fue de 5.25 m^{-2}, mientras que en junio de 2000 fue de 6.7 m^{-2}, pero debido al espacio limitado algunas plantas control fueron cultivadas en una mayor densidad de plantas: 18-19 m^{-2}.

Con el fin de determinar la variación genética tanto entre como dentro las accesiones individuales, las plantas experimentales fueron todas de la misma progenie de tres o cuatro plantas madre conocidas. En ambos experimentos conducidos en 2000 fueron usadas las progenies de las mismas plantas.

Resultados

ARRACACHA

Floración

Siguiendo a los tratamientos, las diferentes razas del campo retoñaron en forma muy heterogénea. Sin embargo, después del primer nudo las plantas se desarrollaron aproximadamente con la misma tasa, por lo tanto la floración de las razas del campo se iniciaron asincrónicamente, comenzando entre 26 a 110 días después de ser plantadas. Los resultados fueron muy variados y demostraron que la floración de arracacha puede ser inducida usando varios métodos. Los mejores resultados fueron obtenidos de la deshidratación y almacenaje de coronas a 15 y 20°C durante cuatro semanas, seguidas por la separación de cormelos y de ser plantadas. Sin embargo, en varios casos el control – es decir, la separación de cormelos de la corona antes de ser plantados – fue suficiente para inducir a la floración en algunas razas del campo. Cuando se aplicó el método

Fig. 4: La raíz de la ajipa (*Pachyrhizus ahipa*) se consume casi exclusivamente en forma cruda, como una fruta. La corteza de la raíz se desprende con bastante facilidad de la porción interna, carnosa y blanca. Por ello es corriente que se la pele y consuma en forma similar a una banana. La raíz fue producida en la estancia de Caraparí, Chuquisaca, Bolivia (Foto: B. Ørting).

Tabla 2: Accesiones usadas en los experimentos de KVL.

No. de accesión	Colector	Origen	Latitud – Longitud	Altitud (m)	Color de semilla
AC102	Sørensen	Bolivia, Tarija	20º57'S; 64º41'W	1.200	Negro
AC201	Ørting/Grüneberg	Bolivia, Anquioma	17º00'S; 67º38'W	2.450	Negro
AC203	Ørting/Grüneberg	Bolivia, Anquioma	17º00'S; 67º38'W	2.450	Negro
AC207L	Ørting/Grüneberg	Bolivia, Machaca	17º08'S; 66º53'W	2.200	Negruzco-lila
AC207S	Ørting/Grüneberg	Bolivia, Machaca	17º08'S; 66º53'W	2.200	Negro
AC216	Grüneberg	Bolivia, Lioja	16º44'S; 67º34'W	2.400	Negro/lila/ amarillento blanco
AC223	Ørting/Grau	Bolivia, Est. Carapari	20º56'S; 64º41'W	1.200	Negro
AC229	Ørting/Grau	Bolivia, Est. Carapari	20º56'S; 64º41'W	1.200	Negro
AC230	Ørting	Bolivia, Hornillos	20º26'S; 64º28'W	1.100	Negro
AC521	Dev. Bot. Gard.,	Desconocido	—-	—-	Negro
AC524	J.N.B.Meise, Bélgica	Desconocido	—-	—-	Negro & motas blancas
AC526	R. Neumann	Argentina, Salta	22º16'S; 64º33'W	1.450	Negro

de preparación tradicional de los propágulos de arracacha se evitó la floración.

La floración se induce en plantas de 5-24 meses de edad; la arracacha no mostró una fase juvenil por lo que la floración pudo ser inducida desde los cinco meses, siendo el factor limitante el tamaño de la planta (en peso) donde pequeñas coronas y cormelos tienen una tasa muy alta de mortalidad. Algunas razas del campo no florecen del todo, mientras que la mayor parte floreció hasta en un 77% de los cormelos plantados. El nivel de floración fue significativamente reducido en el experimento 2, comparado con el 1, donde la raza de campo con la más alta tasa de floración registrada fue de 37%, contrastado con el 77% del experimento 1. Para las razas del campo BA y CE en ambos experimentos, la tasa de floración fue reducida hasta en un en el experimento 2. Lo contrario fue observado para la raza MTC en el experimento 3, donde la tasa de floración se incrementó al doble, comparado con el experimento. En el experimento 5 muy pocas plantas florecieron, pese a que las razas BA, NA y UNC 169 fueron incluidas (es decir, las razas que florecieron en los experimentos 1 y 2). Ninguna de las razas en los experimentos 4, 6 y 7 florecieron como respuesta a los tratamientos aplicados, pese a que esos tratamientos fueron los mismos aplicados en los demás experimentos (Tabla 3).

Las razas incluidas en los experimentos difieren significativamente en su disponibilidad por florecer: algunas florecieron con elevada intensidad, mientras que otras no respondieron a los tratamientos. La diferencia es asignada a las diferencias genéticas, pero los tratamientos subóptimos y el estado fisiológico de las plantas en la cosecha también juegan un rol significativo (Tabla 4).

El estado fisiológico de las plantas cosechadas influyeron significativamente a la floración, donde las plantas con buen crecimiento vegetativo en la cosecha no florecieron, mientras que las plantas sometidas a sequía de 1-2 meses previo a la cosecha, florecieron bien cuando estuvieron bajo el efecto de los tratamientos respectivos (Figura 5).

Los resultados más prometedores fueron obtenidos por el almacenamiento y deshidratación de la corona, seguido por la separación, ya que este método mejora la floración y reduce la mortalidad. Sin embargo, se requiere futuras investigaciones para optimizar los tratamientos y dar luces sobre la influencia del estado fisiológico de las plantas en floración.

Tabla 3: Fenología de los brotes florales en cinco razas del campo del tratamiento Control-1 del experimento 1. Número promedio de días ± desviación estándar de plantaciones hasta que se generen diferentes etapas de desarrollo. (N) significa número de plantas. Las diferentes letras indican las diferencias significativas entre razas terrestres en el periodo de retoño (P<0.05).

Estado fenológico		Retoño	1er nudo visible	Umbela primaria visible primaria	Estigma separado en umbela	Polen detectable umbela primaria
Razas del campo (N)						
AP	(18)	27.0 ± 3.5 a	39.9 ± 4.3	54.0 ± 6.0	64.2 ± 5.8	70.3 ± 4.7
BA	(5)	55.2 ± 7.8 c	81.8 ± 10.2	96.4 ± 9.9	107.0 ± 9.0	112.0 ± 9.0
C	(8)	34.1 ± 7.9 ab	49.4 ± 7.1	64.1 ± 5.9	74.5 ± 6.1	78.2 ± 5.6
CM	(12)	38.5 ± 3.5 b	55.5 ± 4.9	71.0 ± 12.7	84.0 ± 8.5	88.0 ± 8.5
M	(12)	31.1 ± 9.4 ab	52.1 ± 10.6	64.3 ± 14.8	74.3 ± 11.3	79.7 ± 8.3

Tabla 4: Fenología de los brotes florales de ocho tratamientos del experimento 1 con la raza C. Número promedio de días ± desviación estándar de plantaciones hasta que se generen diferentes etapas de desarrollo.(N) Número significativo de plantas. Las letras diferentes indican diferencias entre tratamientos en el momento del rebrote (P<0.05).

Estado fenológico		Retoño	1er nudo visible	Umbela primaria visible	Estigma separado en umbela primaria	Polen detectable umbela primaria
Tratamientos	(N)					
Control–1	(15)	34.1 ± 7.9 a	49.4 ± 7.1	64.1 ± 5.9	74.5 ± 6.1	78.2 ± 5.6
D3–1–cormel	(13)	35.2 ± 14.9 a	50.6 ± 12.2	58.9 ± 11.3	67.3 ± 10.2	73.0 ± 8.4
D4–1–cormel	(15)	29.8 ± 8.9 a	39.9 ± 6.6	51.1 ± 8.3	59.9 ± 6.7	64.7 ± 5.2
S4–1–cormel	(12)	10.4 ± 8.6 b	28.8 ± 9.8	41.9 ± 8.0	50.9 ± 7.9	54.2 ± 8.2
D3–2–cormel	(15)	36.7 ± 12.0 a	42.2 ± 7.8	52.1 ± 6.3	59.0 ± 4.6	62.8 ± 2.1
D4–2–cormel	(14)	31.0 ± 6.1 a	38.9 ± 7.5	50.5 ± 7.7	59.3 ± 6.9	62.5 ± 8.3
S4–2–cormel	(19)	12.1 ± 2.4 b	18.9 ± 2.2	31.3 ± 1.7	40.8 ± 1.7	44.5 ± 1.4
S8–1–cormel	(18)	4.2 ± 1.9 c	6.6 ± 6.1	19.6 ± 5.6	28.6 ± 5.9	33.1 ± 5.6

Fig. 5: Floración de cuatro razas del campo de arracacha en el experimento 1, porcentaje de floración frente a ocho tratamientos. Veinte plantas de cada combinación de raza y tratamiento. Experimento 1 realizado en 2000.

Polinización

Las polinizaciones realizadas revelaron que las razas de arracacha son auto y exo compatibles – las umbelas en diferente orden permiten la geitonogamia (es decir, la fecundación entre flores vecinas dentro la misma inflorescencia) – por lo que la autogamia es posible pese a que la fenología floral es protógina y así fueron posibles la reproducción y la conservación de semillas. Los cruces intraespecíficos entre plantas silvestres y cultivadas de *Arracacia xanthorrhiza* fueron fácilmente obtenidos al usar esas plantas como material parental. El estudio reveló que las flores de la arracacha requieren de un activo polinizador para transferir el polen al estigma, como la fenología floral previene a la autogamia. Un rango de insectos fue observado. La viabilidad de polen en ambas *A. xanthorrhiza* silvestre y cultivada fue elevada y fue preservada durante dos años en almacenaje, sin embargo, cuando fue utilizado para la polinización la producción de frutos fue seriamente reducida.

Germinación y viabilidad

Las semillas de cruces intraespecíficos de las razas de arracacha y de *A. xanthorrhiza* silvestre tuvieron la mejor germinación (69-83%), mientras que la menor germinación se registró en semillas generadas de autofecundaciones (37%). Los resultados indican efectos de tanto heterosis como disminuciones en la endogamia. Se registró una gran variación en la germinación de semillas que provienen de una sola planta, mostrando un buen potencial para incrementar la germinación mediante la selección. Las tasas de germinación del material silvestre fueron similares con una gran variación entre accesiones (47-97%). El tiempo promedio de germinación difirió significativamente entre tipos de semillas en que las fecundaciones abiertas y los cruces intraespecíficos tuvieron la semilla más vigorosa. Pese a esta diferencia, el patrón de germinación fue el mismo en todos los tipos de semillas al ser muy heterogéneo, es decir se inició a los 8-10 días después de la siembre y continuó por dos meses. La semilla no germinada puede ser dividida en dos grupos – muertas y no germinadas – las no germinadas mayormente carecían de embrión.

AJIPA

Producción de semillas

Con el fin de producir suficientes semillas para el primer año de ensayos, el 22 y 23 de septiembre de 1998 fueron sembradas en condiciones de invernadero 1.463 semillas, representando a seis diferentes accesiones de *Pachyrhizus ahipa* y de un híbrido interespecífico (*Pachyrhizus ahipa* x *tuberosus* x *erosus*). Un total de 792 semillas germinaron y desarrollaron plantas en forma normal. Las plantas fueron cosechadas durante abril-septiembre de 1999, es decir ninguna semilla estuvo totalmente madura hasta el comienzo de abril. En algunas plantas, las legumbres/vainas no estuvieron totalmente maduras hasta más de un año después de la fecha de siembra. Las 792 plantas produjeron un total de 10.213 semillas al final de septiembre de 1999 (ver tabla 5), no se incluyeron a semillas con menor tamaño, vivíparas o dañadas. En general, la tarea de producir suficientes semillas para los ensayos iniciales fue satisfecha. Sin embargo, ninguna semilla fue producida del híbrido interespecífico ATE, por lo que los híbridos no fueron incluidos en los siguientes experimentos.

Porcentajes de germinación. El 70% de las semillas germinó (= 430 plantas). Las semillas cosechadas del ensayo de multiplicación de 1999 tuvieron un menor porcentaje de germinación (60%), que las semillas cosechadas en 1995 (78%) (Tabla 6).

Índice de siembra de días posteriores

De acuerdo a Sørensen *et al.* (1993), se construyó para las 430 plantas el índice de siembra de días

Tabla 5: Producción de semillas por accesión por planta. Símbolos: * ATE = híbrido interespecífico *Pachyrhizus ahipa* x (*P. tuberosus* x *P. erosus*), ninguna planta floreció.

Accesión	No. plantas en ensayo	Producción total de semillas	No. promedio de semillas por planta
AC102	102	1382	13.5
AC229	171	2285	13.4
AC230	234	3414	14.6
AC521	128	1828	14.3
AC524	30	592	19.7
AC526	72	713	9.9
ATE*	55	0	0.0

Tabla 6: Porcentajes de germinación de accesiones sembradas en 1999, originalmente de semillas sembradas en septiembre de 1998 (cosechadas en 1999) y sembradas en septiembre de 1994 (cosechadas en 1995) en invernadero.

Accesión	Total			Semillas de cosecha 1999 Sembradas en 1999			Semillas de cosecha 1995 Sembradas en 1999		
	Cantidad	Germinadas		Cantidad	Germinadas		Cantidad	Germinadas	
AC102	54	28	52%	30	14	47%	24	14	58%
AC201	60	55	92%	-	-	-	60	55	92%
AC207S	60	53	88%	-	-	-	60	53	88%
AC207L	60	49	82%	-	-	-	60	49	82%
AC216	46	39	85%	-	-	-	46	39	85%
AC223	61	50	82%	-	-	-	61	50	82%
AC229	54	35	65%	54	35	65%		-	-
AC230	54	38	70%	54	38	70%		-	-
AC521	54	35	65%	47	32	68%	7	3	43%
AC524	54	27	50%	26	13	50%	28	14	50%
AC526	54	21	39%	42	20	48%	12	1	8%
Totales	**611**	**430**	**70%**	**253**	**152**	**60%**	**358**	**278**	**78%**

posteriores DAS, en inglés: (*Days After Sowing Index*). Las accesiones alcanzaron el estado V4 (tercera hoja normal) casi simultáneamente (27–30 días después de la siembra), mientras que los días del estado R6 (primera flor) muestran una gran variación (48–77 días) entre las accesiones. El estado R7 (primera formación de la vaina/legumbre) fue alcanzada entre los 84 y 122 días después de la siembra (Figura 6).

Estudios ecofisiológicos como respuesta a diferentes condiciones ambientales

Los resultados del tratamiento de día corto en base a la influencia de la fecha de floración, peso de cosecha y formación del tubérculo se presentan en las figuras 3-4 y tablas 7-8. Después de dos semanas, 837 semillas germinaron a un porcentaje del 77% (Tabla 9).

Fig. 6: DAS (0-120) para diez accesiones de *P. ahipa* (progenie de una sola planta). Notar que las accesiones AC229, AC521 y AC526 fueron las primeras en alcanzar el estado de madurez total y con legumbres secas; estas tres accesiones fueron cosechadas tan pronto como el 20-22 de marzo de 2000. Las demás accesiones fueron cosechadas en abril. La secuencia de los estadios es V2-V3-V4-R6-R7 (desde la línea inferior del gráfico).

Tabla 7: Influencia del tratamiento de día corto en *Pachyrhizus ahipa* (AC102) en la cosecha en peso de tubérculos, vainas, hojas y tallos. Promedio de 12 plantas. Ensayo de invernadero en Frederiksberg, junio-septiembre de 2000.

Tratamiento	Peso tubérculos g	Peso vainas g	Peso hojas & tallos g	Peso total cosechado g
Sin tratamiento de día corto	17	1324	1945	3286
Tratamiento de día corto	10	1057	970	2037

Producción de semillas

Las 210 plantas desarrolladas en 40 m^2 del ensayo en Højbakkegård (sembradas en mayo de 2000) produjeron al final de noviembre 16.360 semillas que pesaron 4.592 kg (peso seco). El peso promedio de semillas fue de 0.281 g y esto calcula para una producción por hectárea de aproximadamente cuatro millones de semillas con peso de 1.1 t; no se incluyeron a las semillas pequeñas, las germinadas dentro las vainas ni a las dañadas (Tablas 10 y 11).

Indice de días después de la siembra (DAS)

Se calculó este índice para las 420 plantas. Las accesiones alcanzaron el estadio V4 (tercera hoja normal) casi al mismo tiempo (27-30 DAS),

Tabla 8: Variación en el número de cámaras por vaina en 11 razas de *Pachyrhizus ahipa*. Ensayo de invernadero en Frederiksberg, agosto de 1999 – agosto de 2000.

	Número de cámaras por vaina									
Accesión	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
AC102	1	6	15	16	35	49	80	34	5	0
AC201	34	71	76	69	91	95	147	123	27	4
AC207L	11	26	34	48	54	92	173	101	24	3
AC207S	1	19	22	40	48	80	93	59	1	1
AC216	34	46	51	42	45	48	65	59	7	0
AC223	10	19	18	22	35	63	105	82	20	1
AC229	9	13	11	14	29	52	74	64	16	2
AC230	8	24	16	29	47	71	75	51	5	0
AC521	1	3	11	18	29	65	96	58	7	0
AC524	11	18	8	19	28	38	52	37	3	0
AC526	2	3	9	15	16	59	69	22	0	0

Tabla 9: Porcentaje de germinación de semillas de *P. ahipa* después de dos semanas. Ensayo de invernadero en Højbakkegård, mayo de 2000.

Accesión	**Semillas sembradas**	**Semillas germinadas**	**Porcentaje germinación**
AC102	96	79	82 %
AC201	97	88	91 %
AC203	84	74	88 %
AC207S	96	90	94 %
AC207L	96	71	74 %
AC216	72	59	82 %
AC223	72	52	72 %
AC229	96	80	83 %
AC230	96	80	83 %
AC521	96	54	56 %
AC524	92	61	66 %
AC526	96	49	51 %
Total	**1089**	**837**	**77 %**

mientras que el número de días para el R6 (primera flor) mostró gran varianza (69–114 DAS) y el estadio R7 (primera formación de la vaina) varió de 79–131 DAS entre las accesiones (Figuras 5 y 6).

Color de flor y semilla

Las flores son violetas o blancas. Además de un violeta pálido, ningún otro color fue registrado. Las semillas son blancas, lila-café o negro moteadas con sombras variables de partes violeta rojo y amarillo pálido. Las semillas negras moteadas siempre descienden de plantas de flores blancas. Las semillas con sombras amarillas se producen cuando las semillas no están totalmente maduras. En la misma vaina, las semillas más grandes pueden ser negras y moteadas con rojo, mientras que las más pequeñas son negras con motas amarillas.

Tabla 10: Producción de semillas de *Pachyrhizus ahipa.*

Accesión	No. plantas	Semillas producidas	Promedio planta^{-1}	Promedio m^{-2}	Peso promedio g	Peso semillas producidas m^{-2}
AC102	20	1766	88.3	464	0.324	150 g
AC201	20	1941	97.1	510	0.261	133 g
AC203	15	1608	107.2	563	0.257	145 g
AC207L	20	1680	88.4	464	0.224	104 g
AC207S	20	664	33.2	174	0.207	36 g
AC216	15	1241	82.7	434	0.252	109 g
AC223	15	1076	71.7	376	0.330	124 g
AC229	20	1564	78.2	411	0.316	130 g
AC230	20	1442	72.1	379	0.274	104 g
AC521	15	1006	67.1	352	0.341	120 g
AC524	15	1241	82.7	434	0.294	128 g
AC526	15	1131	75.4	396	0.301	119 g
Promedio total	**210**	**16360**	**-**	**-**	**-**	**-**
Todas las accesiones	**-**	**-**	**77.9**	**409**	**0.281**	**117 g**

Tabla 11: Producción de semillas por m^2, basada en las cosechas de tres ensayos de invernadero (ensayo 0-793 plantas; ensayo 1-430 plantas; ensayo 2-420 plantas).

	Ensayo 0 (1998-99)			Ensayo 1 (1999-2000)			Ensayo 2 (2000-01)		
	x	Plantas m^{-2}	Semillas m^{-2}	x	Plantas m^{-2}	Semillas m^{-2}	x	Plantas m^{-2}	Semillas m^{-2}
AC102	13.5	22.5	304	49.3	12	592	88.3	5.25	464
AC201	-	-	-	60.7	12	804	94.2	5.25	495
AC203	-	-	-	-	-		107.2	5.25	563
AC207L	-	-	-	65.1	12	781	88.4	5.25	464
AC207S	-	-	-	35.2	12	422	33.2	5.25	174
AC216	-	-	-	41.4	12	497	82.7	5.25	434
AC223	-	-	-	35.8	12	430	71.4	5.25	375
AC229	13.6	22.5	306	36.9	12	443	78.2	5.25	411
AC230	15.1	22.5	340	35.7	12	444	72.1	5.25	379
AC521	14.3	22.5	322	37.5	12	450	67.1	5.25	352
AC524	19.7	22.5	383	35.0	12	420	82.7	5.25	434
AC526	9.9	22.5	223	52.9	12	635	75.4	5.25	396
x m^{-2}		22.5	**313**		12	**497**		5.25	**406**

Para el ensayo del estudio sobre la reacción de asignación de nutrientes entre la vaina y la raíz en *P. ahipa* se observó que las plantas no podadas reproductivamente no mantuvieron la producción de flores, como sucedió con las podadas.

Fertilidad de polen, vainas y cámaras

Las tablas 12a y 12b muestran los porcentajes de fertilidad de polen y presentan los mismos resultados en dos diferentes vías: ya sea de acuerdo a la accesión o según la tabla de invernadero donde la planta estuvo localizada. La cantidad de vainas con un número específico de cámaras producidas se muestra en las figuras 7 y 8.

Discusión

Arracacha: Fenología

La gran variación en el tiempo de rebrote entre las razas del campo sujetas al mismo tratamiento muestra que es difícil predecir y sincronizar la antesis de las diferentes razas de la arracacha,

Tabla 12a: Fertilidad de polen (%) en *P. ahipa.* Ensayo de invernadero en Højbakkegård, mayo-noviembre de 2000.

Accesión	No.plantas	Promedio fertilidad polen	Mínimo	Máximo	Desviaciónestándar
AC102	14	59%	7%	91%	31.8
AC201	15	42%	4%	91%	26.4
AC203	10	40%	10%	90%	24.9
AC207l	16	40%	7%	82%	22.7
AC207s	16	70%	28%	94%	23.0
AC216	10	46%	21%	88%	22.0
AC223	11	52%	10%	89%	25.5
AC229	11	71%	38%	91%	17.4
AC230	13	61%	13%	95%	25.2
AC521	9	54%	11%	87%	27.5
AC524	12	63%	23%	96%	25.9
AC526	9	70%	45%	96%	17.7
Todas las accesiones	**146**	**55%**	**4%**	**96%**	**26.3**

Tabla 12b: Fertilidad de polen (%) en *P. ahipa*. Tablas de invernadero 1 y 2 son los resultados de flores producidas en plantas podadas reproductivamente, tablas 6 & 8 de flores de plantas no podadas. Ensayo de invernadero en Højbakkegård, mayo - noviembre de 2000.

Tabla No.	No.plantas	Promedio fertilidad polen	Promedio mínimo	Promedio máximo
1	42	49.6%	25%	75%
2	42	45.7%	24%	66%
6	29	65.8%	58%	78%
8	33	65.4%	53%	81%

Fig. 7: Efecto del tratamiento de día corto en la floración de *Pachyrhizus ahipa*. Cada símbolo representa a una planta. La primera fecha de floración para AC102 (1-12), AC203 (13-24), AC207S (25-36), AC229 (37-48); r = 10 horas en tratamiento de día corto (27 junio-13 septiembre) ¢ = Sin tratamiento de día corto. Ensayo de invernadero en Frederiksberg, inicio 27 junio, cosecha 5 octubre 2000.

Fig. 8: Vainas y número de cámaras por legumbre de *Pachyrhizus ahipa*, 3.987 vainas de 11 razas del campo. Ensayo en Frederiksberg, agosto de 1999 – agosto de 2000.

aspecto que dificulta a la polinización cruzada de las razas. Una observación similar fue registrada por Knudsen *et al.* (2001).

Razas

Hay una considerable diferencia en la floración entre razas, tanto dentro como entre los experimentos. La mayoría de las razas utilizadas en los experimentos difiere – lo que podría contabilizarse para algunas de las diferencias. Sin embargo, comparando a las mismas razas y tratamientos en los experimentos 1-3 y 5 el nivel de floración difiere significativamente entre los experimentos. Por lo tanto, no se puede plantear una conclusión clara en la base de los resultados de los experimentos aplicados y parece ser que la variación en la intensidad de la floración entre razas está influenciada no solo por las diferencias genéticas, sino por el año, tratamiento, método de cultivo y periodo de los tratamientos, como es discutido más adelante.

Tratamientos

Los tratamientos aplicados a los cormelos y coronas mostraron efectos desviados de la tasa de floración entre los experimentos y razas. Los tratamientos aplicados inducen a la floración en los experimentos 1-3, mientras ninguna o muy reducida floración fue registrada en los experimentos 4-7, pese a que los mismos tratamientos y razas fueron incluidos. Como fue mencionado antes, las razas respondieron diferencialmente a los tratamientos aplicados en los experimentos 1-2, resultando en una interacción significativa entre razas y tratamientos. La tasa de mortalidad fue correlacionada con raza y tratamiento. Tanto los tratamientos Control-1 y de almacenaje tuvieron significativas bajas tasa de mortalidad que en los tratamientos de deshidratación de los cormelos; cuando la corona fue deshidratada, la mortalidad fue reducida al mismo nivel que para el control, el tratamiento de deshidratación por lo tanto deberá ser aplicado a toda la corona pero no a los cormelos.

En resumen, los tratamientos usados en los experimentos han demostrado que la floración puede ser inducida en la arracacha, aplicando diferentes métodos. La deshidratación o almacenaje de coronas han demostrado ser tratamientos prometedores con una elevada respuesta de floración y baja mortalidad; además al aplicar ambos tratamientos fue reducida la variación entre razas. Sin embargo, los métodos son todavía impredecibles, ya que la floración es inducida en algunos experimentos y no en otros. Parte de la variación es probablemente causada por el estado fisiológico de las plantas durante la cosecha y por los métodos de cultivo, pero también se añadió a la variación la deshidratación de los cormelos, en lugar de las coronas.

Medios y métodos de cultivo

Como se mencionó antes, las plantas incluidas en los experimentos 4-7 no florecieron, pese a que algunas de las razas y tratamientos fueron los mismos usados en los experimentos 1-3. Hay tres mayores diferencias entre estos experimentos: En primer lugar, las plantas utilizadas en los experimentos fueron cultivadas en diferentes localidades; segundo, el tiempo de cosecha y tercero, el método de cultivo. Observaciones similares fueron reportadas por Sediyama (1988) y Sediyama & Casali (1997) quienes plantearon que la floración de la arracacha puede ser inducida solo en junio-agosto, es decir después de los meses secos. Sediyama (1988) demostró que no floreció ninguna de las plantas cosechadas más tarde y tratadas como se mencionó antes, pese a que las coronas fueron mantenidas hasta 120 días a 5-7°C. También Knudsen (1999) observó que la floración no puede ser inducida en arracacha cuando las plantas fueron cosechadas en marzo, es decir en la época de lluvias, mientras que son inducidas cuando son cosechadas después de un mes seco (junio). Por lo tanto, parece ser que importante el estado fisiológico de las plantas durante el tiempo de cosecha para inducir la floración, en analogía a el enraizamiento de esquejes de especies leñosas que enraizan mejor cuando son tomadas de ramas jóvenes (Vieitez & Ballester 1988). Los resultados muestran que tanto el periodo de cosecha, el estado fisiológico de las plantas y posteriores tratamientos son importantes para inducir la floración de la arracacha.

Edad de las plantas y posición de los cormelos

En los experimentos presentados, se incluyeron plantas con edades de 5-24 meses. Como fue demostrado en el experimento 9, fue posible inducir la floración de las plantas de arracacha de cinco meses de edad, cuando se deshidrataron las coronas y fueron separadas en cormelos, antes de ser plantadas. Sin embargo, la tasa de mortalidad fue muy alta. Cuando se usaron las plantas con siete meses de edad, se incrementaron la sobrevivencia y la floración. Pese a que todos los estudios

previamente reportados utilizaron plantas maduras (Sediyama 1988, Bajaña 1994, Hermann 1997, Knudsen *et al.* 2001), la edad de las plantas no parece ser un factor limitante para inducir la floración de la arracacha, mientras hayan alcanzado cierta talla (peso). Más bien parece ser que –como fue descrito antes– el estado fisiológico de la planta en la cosecha determina si la planta está lista para florecer. La edad de la planta no influyó en la floración, sin embargo al usar plantas más altas se incrementó la sobrevivencia y el número de plantas requeridas para obtener suficientes plantas florecidas para la producción de semillas fue reducido a cinco meses, cuando la planta porta pocos cormelos pequeños, mientras que las plantas de un año de edad portan hasta 40 cormelos.

Ajipa: Producción de semillas y caracterización inicial del germoplasma

Pese al éxito obtenido y sin tomar en cuenta las condiciones de invernadero o en el campo, el resultado de la multiplicación de semillas indicó que la identificación de la fecha óptima para la siembra es crucial para una buena producción de semillas, así como para una buena calidad. Es decir, bajo condiciones de campo en el Mediterráneo y la más temprana campaña de siembra posible es necesario evitar el daño de hongos de las semillas que maduran, debido a una excesiva humedad, al final del periodo de producción y bajo condiciones de invernadero en Dinamarca, una tardía fecha de plantado requerirá tanto altas temperaturas como luz adicional para asegurar una duración aceptable del periodo productivo.

Además, cuando son almacenadas es de considerable importancia establecer un cronograma regular de rejuvenecimiento y asegurar un secado óptimo antes de almacenar. Sin embargo, en los experimentos fue registrado que las semillas guardadas por 4-5 años tuvieron un mayor porcentaje de germinación (78%) que aquellas cosechadas en el mismo año que fueron sembradas (60%). Se registraron elevadas variaciones entre accesiones, siendo los más variables: longitud de tallos, fecha de la primera floración y producción de semillas.

Respuesta a condiciones ambientales

Un tratamiento de inducción de día corto produjo una floración más temprana en aproximadamente el 90% de las plantas, representando a cuatro diferentes accesiones. AC207S, que generalmente ha sido la accesión que floreció más tarde en todos los ensayos de invernadero, fue la más sensible al tratamiento de día corto, mientras que el efecto fue insignificante en AC102, que generalmente fue la que más pronto floreció. Se requieren ensayos adicionales para comprender mejor sobre la respuesta al tratamiento de día corto.

Por lo tanto, el diseño experimental aplicado demostró la importancia de la duración del día en el desarrollo del ciclo de crecimiento en diferentes accesiones. Es decir, para algunas accesiones de floración tardía, el inicio de la formación de tubérculos fue significativamente retardado, como fue la producción de semillas al ser cultivadas durante días largos, excediendo a las 14 horas, mientras que determinadas accesiones parece que tuvieron menor sensibilidad. Deberán realizarse ensayos integrales para identificar la duración diaria óptima en la producción de semillas relacionadas al origen de la accesión e involucrando la duración diaria de 10–16 horas bajo condiciones controladas.

Caracterización del germoplasma

La cantidad de semillas producidas por cada planta muestra una gran variación entre los tres ensayos de invernadero realizados y también entre algunas de las accesiones en cada experimento, con un rango entre accesiones y ensayos de 9.9 hasta 107.2 semillas por planta. Respecto a este aspecto, los

experimentos de invernadero indicaron que la densidad de plantas es un factor principal y que la densidad optima de plantas para la producción de semillas bajo condiciones de invernadero es de 10-14 plantas m^{-2}.

Al estudiar el potencial de producción de semillas de las diferentes accesiones, se encontró que la longitud de tallos es un buen indicador. Este rasgo presente una gran varianza de 43–695 cm, sin embargo generalmente divide a las accesiones en dos grupos principales: Un grupo con una distribución sureña con hábito de crecimiento bajo (50-150 cm) y otro grupo de mayor talla (200-600 cm) en la parte norteña del área geográfica de la especie. Las plantas con tallos alargados tienen todas un crecimiento indeterminado y un prolongado periodo para la floración/producción de semillas.

Los datos combinados de los experimentos desarrollados en el primer y segundo año del proyecto demostraron exitosamente sobre la existencia de una considerable variación entre accesiones e inclusive a nivel infra en algunas accesiones. Al proveer una caracterización final del germoplasma, los datos registrados servirán como base sólida para cualquier reproducción de nuevos cultivares. Como un ejemplo, al podar reproductivamente a las plantas parece ser que tienen una doble estrategia, ya que continúan produciendo flores durante varios meses al mismo tiempo que se da la formación del tubérculo – sin considerar el hábito de crecimiento – pero fueron observadas diferencias de respuesta entre accesiones. Es más probable que no sea tan costosa la cantidad de asimilación requerida para una sobrevivencia exitosa mediante la reproducción sexual y que la planta cese de intentar inmediatamente. Además, parece ser que la remoción de flores gatille una temprana tuberización en las plantas. La poda reproductiva al extraer flores parece inducir a la planta en producir un mayor número de flores con menor fertilidad de polen, siguiendo una estrategia como una posible compensación de periodos con más altas tasas de abscisión, siendo preferible producir flores adicionales con menor calidad del polen, que menos flores con elevada fertilidad de polen.

Indice de días después de siembra

Casi todas las accesiones alcanzaron al mismo tiempo a los estadios V2, V3 y V4, mientras que el número de días para el estadio R6 –es decir de la primera flor– mostró gran varianza. La figura 9 muestra que se tuvieron dos grupos: Uno que alcanzó este estadio en 2-3 meses después de la siembra y otro que llegó entre 3-5 meses después de la siembra. En la accesión AC230 ambas variaciones estuvieron presentes, ya que las plantas de diferentes progenies de una sola planta funcionan en forma diferencial. El nexo con el origen geográfico parece ser obvio, ya que hay que recordar que las accesiones son obtenidas de valles andinos aislados. Es probable que la fecha de la primera floración esté relacionada a respuestas frente a diferentes duraciones diarias, dependiendo de la latitud de origen de las diferentes accesiones (Figura 10). Este rasgo puede ser de considerable valor al identificar germoplasma para futuras reproducciones.

Al remover los brotes reproductivos, la reacción de asignación de nutrientes entre la vaina y la raíz claramente mejora la tuberización en todas las accesiones probadas bajo condiciones de invernadero. La asimilación producida en la planta ingresa al tubérculo cuando es transferida a las legumbres, por lo que no es posible que funcione como un sumidero (Figura 11).

Los registros del número de cámaras por vaina en *Pachyrhizus ahipa* demostraron que la mayoría de las vainas tienen 6-8 cámaras por vaina en estos ensayos, pero también se observaron vainas con 1-11 cámaras (Figuras 8 y 12). La distribución de vainas con número específico de cámaras en las accesiones fue similar a las cinco tablas de ensayo en Højbakkegård, indicando que este parámetro

Fig. 9: Índice DAS para 420 plantas, representando a 12 diferentes accesiones, promedio de 30 ó 40 plantas por accesión. Ensayo de invernadero en Højbakkegård, mayo-noviembre de 2000.

Fig. 10: Fecha de la primera floración de *P. ahipa*. Un total de 420 plantas representando a 12 razas. Cada símbolo representa a una planta en el experimento. Ensayo de invernadero en Højbakkegård, mayo-noviembre 2000.

puede ser usado para describir la variación entre accesiones. Algunas accesiones en estos ensayos tuvieron a la mayoría de las vainas con un número específico de cámaras, mientras que otras tuvieron una distribución más homogénea con número variable de cámaras.

En el análisis de la fertilidad de polen, casi todas las accesiones fueron encontradas para producir flores con baja y alta fertilidad de polen. No se encontraron diferencias significativas entre accesiones.

Conclusiones

Como ha sido mostrado en los presentes experimentos, en relación a la arracacha la inducción floral todavía requiere más investigación para identificar el tratamiento óptimo. La deshidratación de las coronas seguida por la separación en cormelos antes de ser plantados parece ser el tratamiento más prometedor con las mayores tasas de floración la menor tasa de mortalidad. El tiempo de

Fig. 11: Reacción de asignación de nutrientes entre la vaina y la raíz en *P. ahipa*, peso de tubérculos. Tablas de invernadero 1-5 con plantas podadas reproductivamente, tablas de invernadero 6-10 con plantas no podadas. Peso total producido en cada tabla por las 42 plantas, que representan a 12 razas. Ensayo de invernadero en Højbakkegård, mayo-noviembre 2000.

Fig. 12: Vainas y número de cámaras por vaina en *Pachyrhizus ahipa*, 2.733 vainas de 210 plantas representando a 12 razas. Ensayo de invernadero en Højbakkegård, mayo-noviembre de 2000.

cosecha y el estado fisiológico de las plantas requieren más investigación, así como dar luces sobre la influencia de estos factores.

Para la ajipa los ensayos realizados revelan mayor variación entre grupos de accesiones, pero también indican que la variación dentro de algunas de las accesiones es significativa respecto a los tratamientos agronómicos así como en la producción de semillas y de tubérculos. Esta observación es esperada, así como por los campesinos rurales en general, es decir de cuáles accesiones fueron originalmente obtenidas, no selecciona semillas en base a una sola planta. Para caracterizar el germoplasma más precisamente es por lo tanto necesario probar en la progenie de una sola planta y en un mayor número de plantas.

En conclusión, ha sido exitosamente demostrado que es posible desarrollar semilla *ex situ*, basada en la conservación de cultivos de raíces y tubérculos vegetativamente propagados, mientras al mantener las existentes razas del campo en floración pueden ser inducidas y las plantas ser autocompatibles.

Por el contrario, pese a que el almacenamiento de semillas no es problemático en propagar cultivos sexualmente como la ajipa, no asegura la conservación de las razas del campo actuales, porque como se ha demostrado la variación dentro de esas razas es continuamente utilizada en métodos de reproducción/selección practicados por productores rurales. Por lo tanto, cualquier germoplasma conservado *ex situ* desde las semillas propagadas de un cultivo de raíz o tubérculo en contraste con el cultivo autopolinizado y vegetativamente multiplicado solo representará una imagen congelada de un germoplasma existente en el periodo de la colección y no necesariamente a las razas del campo existentes en el tiempo de utilización del material de germoplasma!

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a nuestros colegas Ings. Juan Seminario y Miguel Valderrama, Jorge Cuerva y Willy Culcy de la Universidad de Cajamarca, en Perú. En el CIP se agradece la colaboración prestada por Drs. Michael Hermann y Miguel Holle. El Council for Development Research de Dinamarca (grant no. 90988) financió el estudio de la arracacha, mientras que el studio de la ajipa fue financiado por la Unión Europea (grant FAIR contrato CT98-4297) ambos son profundamente agradecidos.

Referencias

Bajaña, D.F. 1994. Efectos de factores ambientales sobre la floración de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). MSc tesis; Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias y Naturales, Departamento de Ciencias Biológias, Quito. 116 p.

Bristol, M.B. 1988. Edible arracachas of the Sibundoy. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Fisicas y Naturales 16: 107-110.

Brücher, H. 1977. Tropische Nutzpflanzen: Ursprung, Evolution und Domestikation. Springer-Verlag, Berlin. 529 p.

Brücher, H. 1989. Useful plants of Neotropical origin and their wild relatives. Springer Verlag, Berlin. 296 p.

Bukasov, S. M. 1981. Arracacha. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba. 173 p.

Burkart, A. 1952 (2nd ed.) Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Acme Agency, Buenos Aires. 569 p.

Bustamante, P. G., Casali, V.W.D. & Sediyama, M.A.N. 1997. Melhoramento genético da mandioquinha-salsa. Informe Agropecuário 19: 16-18.

Castellanos, J. Z., F. Zapata, V. Badillo, J.J. Peña-Cabriales, E.S. Jensen & E. Heredia-Garcia, 1997. Symbiotic nitrogen fixation and yield in *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban cultivars and *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi landraces as affected by flower pruning. Soil Biology and Biochemistry 29 (5/6): 973-981.

Charchar, J. M. & F. F. D. Santos. 1997. Nematóides em mandioquinha-salsa e seus controles. Informe Agropecuário 19: 51-53.

Diouf, O., H. Roy-Macauley & D.J.M. Annerose. 1998. Tuber-pod competition and drought responses in Yam Bean (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi). Pp. 407-412 En: M. Sørensen, J.E. Estrella E., O.J. Hamann & S.A. Ríos Ruíz (eds.). 1998. Proceedings of 2nd International Symposium on Tuberous Legumes, Celaya, Gto., Mexico 5-8 August 1996. MacKeenzie, Copenhagen.

Freidberg, C. 1982. Quelques données ethobotaniques sur les Ombellifères. En: A.M. Cauwet-Marc & J. Carbonnier (eds.). 2ème Symposium International sur les Ombellifères. Contributions Pluridisciplinaires à la Systématique, Perpignan. Monographs in Systematic Botany 6: 795-808.

Giordano, L. D., F. F. Santos, G. P. Henz & A.W. Moita. 1995. Avaliacão de clones de mandioquinha-salsa no Distrito Federal provenientes de sementes botãnicas. Horticultura Brasileira 13: 188–191.

Grau, A. 1997. Ahipa, la legumbre tuberosa de los Andes. Ciencia Hoy 7 42: 31-38.

Grau, A. & B. Ørting. 1997. La ahipa, *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi. Desarollo Agroforestal y Comunidad 28: 30-33.

Grum, M. 1994. Breeding of new yam bean (*Pachyrhizus* Rich. ex DC.) cultivars in Tonga involving interspecific hybrids. Pp. 315-320 En: M. Sørensen, (ed.). Proceedings of the First International Symposium on Tuberous Legumes; Guadeloupe, F.W.I., 21-24 April 1992. Jordbrugsforlaget, Copenhagen.

Hermann, M. 1997. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). pp. 75-172 En: M. Hermann & J. Heller (eds.). Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon. International Plant Genetic Resources Institute, Roma.

Higuita, F. 1968. El cultivo de la arracacha en la sabana de Bogotá. Agricultura Tropical 24: 139-146.

Hiller, L.K. & W.C. Kelly. 1979. The effect of post-vernalization temperature on seedstalk elongation and flowering in carrots. Journal of American Society of Horticultural Sciences 104: 253-257.

Hodge, W.H. 1954. The edible arracacha – a little known root crop of the Andes. Economic Botany 8: 195-221.

Knudsen, S. R. 1999. Flower induction in the Andean root crop arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) – A description and evaluation of the morphological changes following dehydration. MSc thesis. Botanical Section, Department of Ecology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. 58 p.

Knudsen, S.R. 2003. Reproduction biology of the Andean root crop arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft var. *xanthorrhiza*) and the taxonomic status of the South American *Arracacia* Bancroft species with special emphasis on the position of the cultivated arracacha and related wild species. PhD thesis, Dept. Ecology, KVL, Frederiksberg C, Copenhagen.140 p.

Knudsen, S.R., M. Hermann & M. Sørensen. 2001. Flowering in six clones of the Andean root crop arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 454-458.

León, J. 2000. Apiales. Botanica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José. 445 p.

Mathias, M. E. & L. Constance. 1962. Umbelliferae. pp. 13-19 En: J. Macbride (ed.) Flora of Peru, vol. XIII, Field Museum of Natural History, Chicago.

Matos, M. C., A. A. Matos & J. B. Vieira da Silva. 1998. Effect of manual and chemical flower pruning on tuber production of *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi. Pp. 181-190 En: M. Sørensen, J. E. Estrella E., O. J. Hamann & S. A. Ríos Ruíz (eds.). 1998. Proceedings of 2nd International Symposium on Tuberous Legumes, Celaya, Gto., Mexico 5-8 August 1996. MacKeenzie, Copenhagen.

Meza, G. 1995. Variedades nativas de virraca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Agronomia y Zootecnia, Cusco. 14 p.

Nielsen, P.E. & M. Sørensen, 1998. Reproductive pruning in *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi. Pp. 245-252. En: M. Sørensen, J.E. Estrella E., O.J. Hamann & S.A. Ríos Ruíz (eds.). 1998. Proceedings of 2nd. International Symposium on Tuberous Legumes, Celaya, Gto., Mexico 5-8 August 1996-MacKeenzie, Copenhagen.

Ørting, B., W.J. Grüneberg & M. Sørensen. 1996. Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi) in Bolivia. Genetic Resources and Crop Evolution. 43: 435-446.

Ørting, B., W.J. Grüneberg, A. Grau & M. Sørensen. 1998. Status of Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi) in Bolivia and northwestern Argentina. Pp. 73–94 En: M. Sørensen, J. E. Estrella E., O. J. Hamann & S. A. Ríos Ruíz (eds.). 1998. Proceedings of 2nd. International Symposium on Tuberous Legumes, Celaya, Gto., México 5-8 August 1996. MacKeenzie, Copenhagen.

Parodi, R.L. 1935. Relaciones de la agricultura prehispánica con la agricultura argentina actual. Anales Acad. Nac. Agr. Vet. Buenos Aires 1: 115-167.

Pereira, A.S. 2000. Mandioquinha-salsa: alimento proteico, energetico ou nutraceutico? Horticultura Brasileira 18: 246-249.

Peterson, L.E., R.L. Clark & R.C. Menary. 1993. Umbel initiation and stem elongation in fennel (*Foeniculum vulgare*) initiated by photoperiod. Journal of Essential Oil Research 5: 37-43.

Ramin, A.A. & J.G. Atherton. 1994. Manipulation of bolting and flowering in celery (*Apium graveolens* L. var. *dulce*). III. Effect of photoperiod and irradiance. Journal of Horticultural Science 69: 861-868.

Santos, F.F.D. 1997a. A cultura da mandioquinha-salsa no Brazil. Informe Agropecuário 19: 5-7.

Santos, F.F.D. 1997b. Utilização de mudas juvenis e do pré-enraizamento no impedimento da floração em mandioquinha-salas. Informe Agropecuário 19: 27-34.

Santos F.F. & J.B. Spina. 1994. Bibliografía internacional de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). EMBRAPA-CNPH, Brasilia DF. 70 p.

Sediyama, M. A. N. 1988. Métodos de Propagação da batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). PhD thesis. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Viçosa. 114 p.

Sediyama, M.A.N., V.W.D. Casali, E.A.M. Silva, A.A. Cardoso & R.F. Silva. 1990a. Efeito da origem e tempo de estratificação das sementes na emergência de plântulas de mandioquinha-salsa. Horticultura Brasileira 8: 26-27.

Sediyama, M.A.N., V.W.D. Casali, E.A.M. Silva, A.A. Cardoso & R.F. Silva. 1990b. Germinação de sementes de mandioquinha-salsa tratadas com fungicidas, nitrato de potássio e acido sulfúrico. Horticultura Brasileira 8: 17-18.

Sediyama, M.A.N. & V.W.D. Casali. 1997. Propagação da mandioquinha-salsa por sementes. Informe Agropecuário 19: 21-24.

Sørensen, M. 1990. Observations on distribution, ecology and cultivation of the tuber–bearing legume genus *Pachyrhizus* Rich. ex DC. (Fabaceae: Phaseoleae). Wageningen Papers 90-3: 1-38.

Sørensen, M. 1996. Yam bean (*Pachyrhizus* DC.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 2. Pp. 1-141 En: J. Heller (ed.) Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Roma.

Sørensen, M., Grum, M., Paull, R.E., Vaillant, V., Venthou-Dumaine, A. & C. Zinsou. 1993. Yam bean (*Pachyrhizus* species). Pp. 59-102. En: Williams, J.T. (ed.) Underutilized Crops: Pulses and Vegetables. Chapman & Hall, Londres-Nueva York.

Sørensen, M., Grüneberg, W.J. & B. Ørting. 1997. Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi). Pp. 13–73 En: Hermann, M. & J. Heller (eds). Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21 (Heller, J. series ed.) Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research / International Plant Genetic Resources Institute, Roma.

Vaz, F., J.B. Vieira da Silva & M.C. Matos. 1998. Yield of yam bean (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi, in a Mediterranean climate. Pp. 285–290 En: M. Sørensen, J.E. Estrella E., O.J. Hamann & S.A. Ríos Ruíz (eds.). 1998. Proceedings of 2nd International Symposium on Tuberous Legumes, Celaya, Gto., Mexico 5–8 August 1996– MacKeenzie, Copenhagen.

Vieitez, J. & A. Ballester. 1988. Endogenous rooting inhibitors in mature chestnut cuttings. Acta Horticulturae. 227: 167–169.

Zanin, A.C.W. & V.W.D. Casali. 1984. Efeitos climáticos sobre a mandioquinha–salsa. Informe Agropecuário 10: 13-15.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 509-520.

Marco legal internacional para la conservación y uso sostenible de plantas

María Ripa de Marconi

Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 3-12235 SM, La Paz, Bolivia
email: mariaripamarconi@yahoo.com.mx

Abstract

Main agreements and treaties related to conservation and sustainable use of plant species are analyzed. Undoubtely the Convention on Biological Diversity is the most important one due to its integration with main biological problems and issues. It has adopted several decisions that lead to plant conservation, taxonomic knowledge, and sustainable use of agricultural diversity. The CITES agreement seeks to control international trades of threatened wild flora. Among specific agreements the International Plant Protection Convention promote prevention of involuntary introduction of exotic species; the International Tropical Timber Organization is oriented to sustainable use of traded timber species; and the International Treaty on Plant Genetic Resources at FAO procures plant protection and its access. Other international agreements do not involve plants directly but the improvement of conservation and sustainable use of ecosystems where they occur, such as the Ramsar Convention on Wetlands, UNESCO World heritage, Climatic change and Desertification. The region counts on the Andean Nations Community and the Amazonian Cooperation Treaty to develop the Regional Biodiversity Conservation Strategy into the Amazonian scene.
Key words: Treaties and agreements, Plant conservation, Convention of Biological Diversity, Andean Nations, Amazonian Treaty.

Resumen

Se analizan los principales convenios y tratados que se vinculan con la conservación y uso sostenible de las especies vegetales. El Convenio sobre Biodiversidad es sin duda el más importante por la integralidad con que aborda los principales problemas de la biodiversidad. Asimismo, de manera específica ha adoptado decisiones dirigidas a la conservación de plantas, el conocimiento taxonómico y la conservación y uso sostenible de la diversidad agrícola. Por su parte, el convenio CITES busca controlar el comercio internacional de especies de flora silvestre amenazada. Otros convenios específicos analizados son el de Protección Fitosanitaria, dirigido evitar el ingreso involuntario de especies exóticas; la Organización sobre Maderas Tropicales dirigida al uso sostenible de especies maderables comercializadas; y el Tratado sobre Recursos Fitogenéticos importantes para la agricultura y la alimentación que busca asegurar la protección y disponibilidad de estos recursos. Por otro lado, otros convenios internacionales como Ramsar, Patrimonio Mundial, Cambio Climático y lucha contra la Desertificación no se refieren específicamente a las plantas, pero al promover acciones que mejoran la conservación y uso sostenible de los ecosistemas, benefician a las especies vegetales que éstos albergan. La región está bajo el marco de la Comunidad Andina de Naciones y el Tratado de Cooperación Amazónica para implementar la Estrategia Regional de Biodiversidad de los países andinos y se encuentra en proceso de inicio en el ámbito amazónico.
Palabras clave: Tratados y acuerdos, Conservación de plantas, Convenio sobre biodiversidad, Comunidad Andina de Naciones, Organización del Tratado Amazónico.

Introducción

La preocupación de los países y la sociedad humana en general por conservar la calidad ambiental del planeta ha estado presente desde hace varios siglos. Sin embargo, en las últimas décadas ha tomado una importancia creciente, debido a que el desarrollo tecnológico y el

crecimiento de la población han incrementado de manera importante la capacidad destructiva de la naturaleza. Esta preocupación se manifiesta en la suscripción de diferentes convenios y tratados internacionales, en que los países firmantes se comprometen a adoptar una serie de medidas nacionales para detener y reducir las causas del deterioro ambiental, así como a recuperar ambientes degradados y/o especies amenazadas. Asimismo, se establecen mecanismos de cooperación entre países y de implementación de acciones conjuntas.

En el presente capítulo se analizan los principales convenios y tratados que se vinculan con la conservación y uso sostenible de las especies vegetales, considerando tanto aquellos que establecen normas generales sobre biodiversidad y que por lo tanto incluyen la flora, como los específicos para plantas. Se han tomado en cuenta los convenios globales, de aplicación universal y los regionales que incorporan a los países andinos, por ser el ámbito de análisis del presente libro. No se han considerado convenios bilaterales. La mayor parte de la información sobre los convenios y tratados internacionales ha sido tomada de los portales que mantienen las instituciones responsables del seguimiento de cada uno (Tabla 1).

Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD)

El convenio sobre Diversidad Biológica fue firmado durante la Cumbre de Río de Janeiro en 1992 y entró en vigencia en 1994. Los cinco países andinos lo han ratificado. Este Convenio tiene por objetivos: *"la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada"*. (artículo 1 del Convenio). Este artículo muestra las principales preocupaciones y compromisos que dieron lugar al convenio:

- La conservación y el uso sostenible se presentan de manera separada, lo que fue requerido por los países en desarrollo. Desde la publicación de la Estrategia Mundial para la Conservación en 1980 (UICN, PNUMA, WWF. 1980), el concepto de conservación - que fue adoptado por la mayoría de los países del mundo - incluía el uso sostenible. Sin embargo, las actividades de conservación y la cooperación recibida por los países en desarrollo puso mucho énfasis en la conservación y muy poco en el uso sostenible. De esta manera y teniendo en cuenta la importancia de la utilización de la diversidad biológica en estos países, se exigió que el uso sostenible apareciera de manera explícita.
- La distribución justa y equitativa se refiere sólo a los recursos genéticos. Sin embargo, en la aplicación del Convenio este objetivo se aplica a todas las acciones de conservación y uso sostenible. Por otra parte, este enunciado pone en evidencia que el acceso a los recursos genéticos fue una de las razones centrales de la firma del convenio.
- Como mecanismos centrales se mencionan el acceso a los recursos genéticos, la transferencia de tecnologías y la financiación apropiada. Estas prioridades se fundamentan en el reconocimiento que los países más pobres y en general ricos en biodiversidad, han aportado importantes recursos genéticos que han posibilitado el desarrollo tecnológico y económico de los países ricos. En este sentido, el Convenio reconoce la soberanía de los países sobre los recursos biológicos que posee (que antes se consideraban

Tabla 1: Direcciones electrónicas de los portales de convenios, tratados y normas mencionados en el texto.

Convenio o tratado	Página web
Comunidad Andina de Naciones (CAN)	www.comunidadandina.org/
Convención del Patrimonio Mundial (WHC)	www.unesco.org/whc
Convención de Protección Fitosanitaria (CIPF)	www.ippc.int/IPP/Es/
Convención (CITES)	www.cites.org
Convención sobre los Humedales (Ramsar)	www.ramsar.org
Convenio contra la Desertificación (UNCCD)	www.unccd.int
Convenio de Maderas Tropicales (ITTO)	www.itto.or.jp/live/index.jsp
Convenio sobre Cambio Climático (UNFCCC)	www.unfccc.int
Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD)	www.biodiv.org
Tratado de Cooperación Amazónica (TCA)	www.otca.org.br/
Tratado sobre Recursos Fitogenéticos	www.fao.org/ag/cgrfa/spanish/

patrimonio de la humanidad y su acceso era libre) y establece orientaciones para que cuando se realice el acceso a estos recursos, se compense con la transferencia de tecnologías y el financiamiento apropiado.

El Convenio define a la **diversidad biológica** como *"la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas"* (artículo 2). De esta manera, incluye a todas las especies vegetales y los ecosistemas en que éstas existen, así como aquellas que se presentan en condiciones *ex situ*.

Las orientaciones para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica se encuentran contempladas en:

- Orientaciones generales, como la adopción del enfoque ecosistémico, las directrices para el uso sostenible, el acceso a recurso genéticos y la distribución de beneficios, entre otros.
- Orientaciones para la conservación y uso sostenible de ecosistemas particulares, que incluyen programas específicos: bosques, ecosistemas áridos, ecosistemas de agua dulce, ecosistemas costeros y marinos y de montaña. Estos programas al tener un enfoque integral constituyen un marco importante para la conservación y uso sostenible de las especies vegetales en cada tipo de ecosistema.
- Orientaciones específicas para la conservación, como el Programa de Áreas protegidas y las orientaciones para el manejo de especies exóticas.

Dentro de la magnitud de directrices, orientaciones y programas adoptados en las diferentes Conferencias de las Partes para aplicar los diferentes artículos del Convenio, algunos merecen una mención especial por su directa relación con las especies vegetales: la Estrategia Mundial para la Conservación de Plantas, la Iniciativa Mundial para la Taxonomía y las decisiones sobre Diversidad Biológica Agrícola. También están estrechamente vinculadas a las especies vegetales todas las decisiones relacionadas con el conocimiento tradicional (artículo 8j),

por ejemplo en lo relativo a plantas medicinales y con el acceso a recursos genéticos, que son tratados en otro capítulo de este libro.

Estrategia Mundial para la Conservación de las Especies Vegetales

Fue adoptada en la sexta Conferencia de las Partes (COP 6, 2002) mediante la decisión VI/9. La adopción de la estrategia se fundamenta en el reconocimiento que las especies vegetales constituyen una parte vital de la diversidad biológica del mundo y un recurso esencial para el planeta, en la medida que son las principales productoras de muchos ecosistemas y les proporcionan la infraestructura de hábitats. La finalidad de la Estrategia es *detener la pérdida actual y continua de la diversidad de las especies vegetales*. Para esto se fijan los siguientes cinco grupos de fines a ser alcanzados hasta el 2010, cada uno de los cuales incorpora acciones y 16 metas específicas:

a) Comprender y fundamentar la diversidad de las especies vegetales,
b) Conservar la diversidad de las especies vegetales,
c) Utilizar la diversidad de especies vegetales de modo sostenible
d) Promover la formación y concienciación acerca de la diversidad de especies vegetales,
e) Crear capacidad para la conservación de la diversidad de especies vegetales.

Estos fines proporcionan un marco para la formulación de políticas y una base para la vigilancia. Los objetivos nacionales elaborados en este marco pueden variar según los países, de conformidad con las prioridades y la capacidad nacionales, teniendo en cuenta las diferencias en la diversidad de las especies vegetales. Finalmente, la Estrategia se postula como una red de actores, programas y políticas junto a iniciativas existentes (p.e. Plan estratégico y trabajo del Comité de Plantas de CITES, la Convención Internacional de Protección Vegetal (IPPC), el Tratado Internacional de Recursos Vegetales Genéticos de la Organización de Alimento y Agricultura (FAO), el Programa del Hombre y la Biosfera de las Naciones Unidas, la Estrategia Global de Especies Invasoras del Programa Global de Especies Invasivas (GISP), el programa de conservación de plantas de la Comisión de Sobrevivencia de Especies de la UICN, la Agenda Internacional para Jardines Botánicos en Conservación, el programa Gente y Plantas de la WWF-UNESCO, entre otros).

Iniciativa Mundial para la Taxonomía (IMT)

La Iniciativa Mundial para la Taxonomía (IMT) se desarrolla en base al Plan de Trabajo aprobado mediante la Decisión VI/8, adoptada en la sexta Conferencia de las Partes (COP 6, 2002). Esta iniciativa tiene por objeto suministrar la información clave requerida para aplicar el Convenio sobre la Diversidad Biológica, en particular el Artículo 7 sobre Identificación y Supervisión, incrementando los datos biológicos fundamentales indispensables para apoyar la conservación, el uso sostenible y la distribución equitativa de los beneficios derivados de la utilización de la diversidad biológica. O sea, afrontar los problemas del conocimiento insuficiente de todos los componentes de la diversidad biológica (incluso su clasificación, descripción, valor y función) y la falta de capacidad taxonómica, para superar lo que se ha llamado "el impedimento taxonómico".

Abarca la labor taxonómica en los tres niveles de la diversidad biológica (genética, especies y ecosistema) y trata de todos los organismos: **vegetales**, animales y microorganismos, ocupándose de: a) La falta de información taxonómica sobre la identidad de los componentes de la diversidad biológica en muchas partes del mundo y b) La necesidad de crear capacitación para la actividad

taxonómica en todas las regiones, pero especialmente en los países en desarrollo, en particular materiales de referencia, bases de datos y la competencia taxonómica pertinente para los objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica.

El plan de trabajo contempla cinco objetivos operacionales:

1. Evaluar las necesidades y capacidades taxonómicas en los niveles nacional, regional y mundial para aplicar el Convenio.
2. Proporcionar un enfoque para ayudar a crear y mantener los recursos humanos, sistemas e infraestructura necesarios para obtener, y proteger los ejemplares biológicos que constituyen la base del conocimiento taxonómico.
3. Facilitar una infraestructura/sistema mejorados y eficaces para acceder a la información taxonómica, dando prioridad a la seguridad de que los países de origen obtengan acceso a la información relativa a los elementos de su diversidad biológica.
4. Dentro de los principales programas de trabajo temáticos del Convenio, incluir objetivos taxonómicos clave a fin de generar la información necesaria para adoptar decisiones sobre la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y sus componentes.
5. En el marco de la labor sobre cuestiones intersectoriales del Convenio, incluir cuestiones taxonómicas clave para generar la información necesaria para adoptar decisiones sobre la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y sus componentes.

Al considerar estos cinco objetivos operacionales, será necesario abordar la creación de capacidad específicamente con respecto a las necesidades de recursos humanos, sistemas e infraestructura en taxonomía, a escala local, nacional, regional y mundial. Se ha reconocido que, en relación con los objetivos operacionales 4 y 5, tal vez sea necesario establecer prioridades adicionales para integrarlos en los planes de trabajo del Convenio.

Diversidad Biológica Agrícola

La expresión diversidad biológica agrícola tiene un amplio contenido que incluye a todos los componentes de la diversidad biológica pertinentes a la alimentación y la agricultura, así como todos los componentes de la diversidad biológica que constituyen el ecosistema agrícola: las variedades y la variabilidad de animales, plantas y microorganismos en los niveles genético, de especies y de ecosistemas que son necesarios para mantener las funciones principales de los ecosistemas agrarios, su estructura y procesos, de conformidad con el anexo I de la decisión III/11 de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

En la quinta Conferencia de las partes se adoptó el Programa de Trabajo sobre Diversidad Biológica Agrícola (Decisión V/5) destinado en primer lugar a promover los efectos positivos y mitigar la repercusión negativa de las prácticas agrícolas en la diversidad biológica de los agroecosistemas y su interfaz con otros ecosistemas. En segundo lugar a promover la conservación y la utilización sostenible de los recursos genéticos de valor real o potencial para la agricultura y la alimentación; y en tercer lugar, a promover la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. Este Programa contiene **cuatro** elementos cada uno con su respectivo objetivo operacional, que se mencionan a continuación:

Elemento 1. Evaluaciones: Proporcionar un análisis completo de la situación y tendencias de la diversidad biológica agrícola del mundo y de las causas subyacentes (incluida una atención especial en los bienes y servicios que presta la diversidad biológica agrícola), así como de los conocimientos locales de su gestión.

Elemento 2. Gestión adaptable: Determinar prácticas de gestión, tecnologías y políticas que fomenten los impactos positivos y mitiguen los impactos negativos de la agricultura en la diversidad biológica y mejoren la productividad y la capacidad de mantener los medios de vida, ampliando los conocimientos, la comprensión y la toma de conciencia de los múltiples bienes y servicios prestados por los diversos niveles y funciones de la diversidad biológica agrícola.

Elemento 3. Creación de capacidad: Fortalecer las capacidades de los agricultores, las comunidades indígenas y locales y sus organizaciones y otros interesados, para administrar de manera sostenible la diversidad biológica agrícola de modo de aumentar sus beneficios, y promover la concienciación y medidas responsables.

Elemento 4. Incorporación: Prestar apoyo al desarrollo de planes o estrategias nacionales para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica agrícola y promover su incorporación e integración en planes y programas sectoriales e intersectoriales.

En el marco del Programa de Trabajo sobre Diversidad Biológica Agrícola se adopta la Iniciativa Internacional para la Conservación y Utilización Sostenible de Polinizadores para los siguientes alcances:

a) Vigilar la disminución de los polinizadores, sus causas y su repercusión en los servicios de polinización;
b) Hacer frente a la falta de información taxonómica acerca de los polinizadores;
c) Evaluar el valor económico de la polinización y su el efecto económico de la disminución de los servicios de polinización;
d) Promover la conservación y el restablecimiento de la utilización sostenible de la diversidad de los polinizadores en la agricultura y los ecosistemas conexos.

En la sexta Conferencia de las Partes se adoptó el Plan de Acción para esta iniciativa (Decisión VI/5). La polinización es un servicio esencial de los ecosistemas que depende en gran parte de la simbiosis entre las especies polinizadas y sus polinizadores. En muchos casos es el resultado de relaciones complicadas entre plantas y animales y la reducción y pérdida de unos u otros influirá en la supervivencia de ambos elementos. Un tercio por lo menos de las cosechas agrícolas del mundo depende de la polinización que proporcionan los insectos y otros animales. La diversidad de las especies, incluidas las cosechas agrícolas, depende de la polinización por animales. Por tanto, los polinizadores son esenciales para la diversidad en la dieta y para el mantenimiento de los recursos naturales. La suposición de que la polinización es un "servicio ecológico libre" es errónea. Se requieren recursos, tales como refugios de la vegetación natural prístina. La reducción o pérdida de esos recursos supone una limitación y se requieren prácticas de gestión adaptable para sostener los medios de vida.

Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF)

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) es un tratado internacional cuyo objetivo es garantizar la intervención para impedir la propagación y la introducción de plagas de las plantas y de los productos de las plantas, así como promover medidas apropiadas para combatirlas (FAO 2002). Fue aprobada en Roma en 1951, entró en vigor en 1952 y es coordinada por la FAO. Ha sido modificada en dos oportunidades, la última corresponde al texto actualizado en 1997 que está vigente desde octubre de 2005. Entre los países andinos, Perú, Venezuela y Bolivia se han adherido a la Convención, en tanto que Ecuador y Colombia la han ratificado.

La importancia de esta Convención para la conservación de especies vegetales se relaciona

con la implementación de acciones efectivas y bien establecidas para identificar y controlar las especies invasoras, en particular las plagas de plantas. Su aplicación abarca la protección de plantas cultivadas, la flora silvestre en general y los productos vegetales. Las disposiciones se extienden para abarcar los medios de transporte, los contenedores, los lugares de almacenamiento, el suelo y otros objetos o materiales capaces de albergar plagas de plantas.

El articulado de la Convención establece disposiciones detalladas sobre requisitos relativos a la importación, la certificación fitosanitaria, plagas reglamentarias y cuarentenarias, cooperación internacional y regional, acotando que las medidas fitosanitarias deben ser técnicamente justificadas, sin entorpecer innecesariamente el comercio y tráfico de plantas y sus productos.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

La Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas es un acuerdo de carácter internacional, firmado por los gobiernos con el propósito de establecer una cooperación entre los países que permita controlar el comercio de vida silvestre. Fue firmada en Washington DC. en 1973 y entró en vigor en 1975. Los cinco países andinos la han ratificado.

Esta Convención se aplica sobre aquellas especies amenazadas para las que el comercio internacional afecta a su estado de conservación. La lista de estas especies se encuentra en los llamados apéndices CITES, que son tres:

- El **apéndice I** contiene las especies cuyo comercio internacional está prohibido, sólo pueden ser transportadas de un país a otros con fines no comerciales.
- El **apéndice II** contiene las especies que pueden ser comercializadas si se garantiza que los especímenes provienen de un manejo sostenible.
- El **apéndice III** contiene las especies que uno o más de los países miembro de la Convención ha solicitado la cooperación de los demás países para controlar su comercio internacional. A diferencia de los dos primeros que tienen carácter global, éste es de carácter nacional.

Los tres apéndices se aplican en todas las partes, con la participación de países exportadores e importadores de flora y fauna silvestre, de manera que el comercio internacional es controlado tanto a la salida del país de origen, como a la llegada al país destino. Esta situación ha permitido reducir el contrabando, incluso de los países con capacidad de control deficiente.

Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

Este tratado ha sido adoptado por la Conferencia de la FAO en noviembre de 2001 y entrará en vigor cuando 40 gobiernos lo hayan ratificado. Entre los países andinos, sólo ha sido ratificado por Perú. Sus objetivos son la conservación y utilización sostenible de los recursos filogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización - en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) - para una agricultura sostenible y para la seguridad alimentaria.

El tratado define a los recursos filogenéticos para la alimentación y la agricultura como *"cualquier material genético de origen vegetal de valor real o potencial para la alimentación y la agricultura"*. Mediante este Tratado los países acuerdan establecer un sistema multilateral eficaz, efectivo y transparente para facilitar el acceso a los recursos filogenéticos para la alimentación y la agricultura, así como compartir los beneficios de manera justa y

equitativa. Establece un Sistema Multilateral de Acceso y Distribución de Beneficios, aplicable a más de 64 especies de cultivos y forrajeras.

Convenio Internacional de Maderas Tropicales (ITTO)

El Convenio Internacional de las Maderas Tropicales nació en 1983. Desde entonces ha sido ampliado en dos ocasiones. La versión aprobada en 1994, que entró en vigor en 1997, feneció el 31 de diciembre de 2005. En consecuencia, se ha adoptado un nuevo convenio que alienta a los países a adoptar medidas para promover la explotación sostenible de los bosques tropicales y, entre otros mecanismos, propone la creación de una certificación, que consistiría en una etiqueta que asegure al consumidor que la madera que compra proviene de un bosque explotado de manera responsable. Por otra parte, el texto aprobado incide en la importancia de la lucha contra la pobreza para lograr una adecuada gestión de los bosques y prevé un mecanismo de financiación para luchar contra la tala clandestina.

Otros convenios y tratados de carácter global

Existen otros convenios y tratados internacionales de carácter global que tienen incidencia en la gestión de las especies vegetales, pero no de manera directa como los mencionados anteriormente. Por el contrario, se trata de convenios que abordan diferentes temas que involucran la conservación o el uso sostenible de especies vegetales.

Convención sobre los Humedales (Ramsar)

Esta Convención firmada en la ciudad de Ramsar (Irán) en 1971 y ha sido ratificada por todos los países andinos. Su adopción se basa en el reconocimiento que los humedales constituyen ecosistemas complejos y frágiles, cuya conservación es de suma importancia para el mantenimiento de procesos ecológicos, así como para garantizar la base económica de varias poblaciones humanas gracias a la gran diversidad y riqueza de recursos naturales que albergan, particularmente el agua. La Convención tiene como misión *La conservación y el uso racional de los humedales a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo*. Su aplicación se desarrolla en dos niveles: por un lado se establece una lista de humedales de Importancia Internacional (más conocidos como Sitios Ramsar), en que los países se comprometen a realizar un manejo sostenible de los sitios ubicados en su territorio; por otro lado, los países miembro se comprometen al manejo sostenible de todos los humedales presentes en su territorio. En consecuencia, al proteger los ecosistemas acuáticos, esta Convención protege a todas las especies vegetales que éstos albergan.

Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural (WHC)

Esta Convención ha sido adoptada por la Conferencia de la UNESCO en 1972 y entró en vigor en 1975. Ha sido ratificada por todos los países andinos. El objeto de la Convención es proteger al patrimonio cultural y natural de valor universal y excepcional, reconociendo la estrecha vinculación entre naturaleza y cultura, en la medida que la identidad cultural de los rublos se ha forjado a partir de su ambiente natural. Para la implementación de esta convención se establece la Lista del Patrimonio Mundial, en la que los países proponen Sitios de Patrimonio de la Humanidad, los que una vez aceptados, deben ser conservados.

Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC)

Este Convenio fue aprobado en 1992 y entró en vigor en 1994. Fue adoptado por los países andinos, que al igual que las demás partes firmantes buscan reducir el calentamiento atmosférico y adoptar medidas para hacer frente a las subidas de la temperatura que sean inevitables. El 1997, los gobiernos acordaron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de **Protocolo de Kyoto**, que cuenta con medidas más enérgicas (y jurídicamente vinculantes).

Este Convenio establece una estructura general para que los esfuerzos entre gobiernos se encaminen a resolver el desafío del cambio climático. Reconoce que el sistema climático es un recurso compartido cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor. En virtud del Convenio, los gobiernos: recogen y comparten la información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, las políticas nacionales y las prácticas óptimas; ponen en marcha estrategias nacionales para abordar el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a los efectos previstos, incluida la prestación de apoyo financiero y tecnológico a los países en desarrollo y cooperan para prepararse y adaptarse a los efectos del cambio climático.

Convenio de las Naciones Unidas contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD)

Este Convenio se aprobó en París en 1994 y entró en vigor en 1996, siendo ratificado por todos los países andinos. Reconoce la estrecha relación que existe entre la pobreza y la degradación del medio ambiente, adopta un planteamiento integrado del problema, haciendo hincapié en la necesidad de adoptar medidas encaminadas a promover el desarrollo sostenible a nivel de comunidad. Conforme al espíritu de este Convenio, la lucha contra la desertificación comprende las actividades que forman parte de un aprovechamiento integrado de la tierra de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas para el desarrollo sostenible y que tienen por objeto la prevención o la reducción de la degradación de las tierras; la rehabilitación de tierras parcialmente degradadas; y la recuperación de tierras desertificadas.

Convenios y normas regionales

Convención sobre la Protección de la Naturaleza y Conservación de la Fauna Silvestre en el Hemisferio Occidental (Convención de Washington)

Esta Convención fue firmada en Washington en 1940 y cuenta con el apoyo de la mayor parte de los países del continente americano. La Convención insta a las partes firmantes a establecer y mantener sistemas nacionales de áreas protegidas, proteger la flora y fauna, dentro y fuera de las áreas protegidas, incluyendo disposiciones de protección de especies comercializadas, desarrollar programas y actividades en cooperación para la conservación, especialmente a través del intercambio de información científica y adoptar las medidas necesarias para la protección de aves migratorias. Si bien este marco ecológico hemisférico fue visionario en su momento, la Convención se mantiene en gran parte no implementada, entre otras razones porque no estableció la estructura administrativa, como un Secretariado o reportes del progreso en su implementación por las Partes (Cordonier *et al.* 2002).

Tratado de Cooperación Amazónica (TCA)

Entre las actividades realizadas en el marco de este Tratado se incluye un ambicioso programa ambiental con numerosos iniciativas

para mejorar la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, realizado en la década de los 80 y 90. En la actualidad, este Tratado cuenta con un Secretaría Permanente y queda regido bajo la Organización del TCA (OTCA), lo que le permite desarrollar mayor número de acciones y darles el seguimiento adecuado. En este marco, se ha firmado un convenio de cooperación técnica con el BID para impulsar un programa de conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad amazónica, fortaleciendo la gestión regional conjunta. El propósito de este programa es impulsar y coordinar un mayor conocimiento sobre la biodiversidad en la Amazonía y sus usos potenciales, para evitar que los esfuerzos individuales de los países se desaprovechen en ausencia de una acción concertada.

Normativa andina

La normativa andina comprende una serie de decisiones adoptadas por la Comunidad Andina de Naciones. Estas decisiones son de cumplimiento obligatorio y directo, sin necesitar la ratificación de los poderes legislativos de los países de la comunidad. Se han identificado aquellas decisiones vinculadas a la conservación y uso sostenible de especies vegetales, tanto silvestres como domesticadas.

Sistema Andino José Celestino Mutis sobre Agricultura, Seguridad Alimentaria y Conservación del Ambiente

Este Sistema Andino sobre agricultura, seguridad alimentaria y conservación del ambiente, ha sido credo mediante DECISION 182, en 1983. Comprende el conjunto de acciones que permitan proteger a los países miembros contra los riesgos del desabastecimiento de alimentos y atender las necesidades alimentarias y nutricionales de la población, a través de mejoras en la producción, productividad, tecnología, establecimiento de reservas, comercialización y consumo de alimentos. Entre sus objetivos figura: *Promover políticas y acciones conjuntas para el aprovechamiento y conservación de los recursos hidrobiológicos, forestales y naturales conexos.*

Sistema Andino de Sanidad Agropecuaria

Este Sistema de Sanidad Agropecuaria Andina fue aprobado mediante Decisión 328, como parte de la Política Agropecuaria Común Andina, en 1992, con los siguientes objetivos:

- Coordinar y desarrollar a nivel andino las acciones de la sanidad agropecuaria subregional, participar con posiciones conjuntas en temas sobre sanidad agropecuaria en las negociaciones internacionales o con terceros países;
- Mantener una vigilancia continua y coordinada frente al riesgo de ataques de plagas y enfermedades exóticas para la agricultura y ganadería.
- Prevenir la diseminación y contagio de las plagas y enfermedades que existen en su territorio, sin que ello constituya una restricción encubierta al comercio agropecuario.
- Armonizar legislaciones fitosanitarias y zoosanitarias para la adopción de normas sanitarias subregionales y armonización del registro sanitario.
- Favorecer la cooperación y programas de acción conjunta para la exclusión, prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades de vegetales y animales.

Régimen Común de Protección a los derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales

Este Régimen Común ha sido aprobado mediante la Decisión 345 en 1993. Sus objetivos son:

- Reconocer y garantizar la protección de los derechos del obtentor de nuevas variedades vegetales mediante el otorgamiento de un certificado de obtentor;
- Fomentar las actividades de investigación en el área andina;
- Fomentar las actividades de transferencia de tecnología al interior de la subregión y fuera de ella.

El ámbito de aplicación de la presente Decisión se extiende a todos los géneros y especies botánicas siempre que su cultivo, posesión o utilización no se encuentren prohibidos por razones de salud humana, animal o vegetal.

Régimen Común de Acceso a Recursos Genéticos

Este Régimen Común fue aprobado mediante la Decisión 391 en 1996 (ver Zapata en este volumen). Tiene por objeto establecer normas comunes en los países andinos, en el marco de lo establecido por el Convenio sobre Biodiversidad. Establece regulaciones para el acceso a los recursos genéticos y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados. Asimismo, sienta las bases para el reconocimiento y valoración de los recursos genéticos y sus productos derivados, así como para los componentes intangibles asociados (conocimiento tradicional).

Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino

Fue aprobada mediante decisión 523 en 2002 y tiene por objeto: *Identificar y acordar acciones prioritarias conjuntas de conservación y uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica, en rubros donde los países de la CAN puedan aprovechar sus ventajas comparativas, impulsando el desarrollo socioeconómico sostenible de la región.* Sus objetivos específicos son:

- Conservar y usar sosteniblemente ecosistemas, especies y recursos genéticos *in situ*, con acciones complementarias *ex situ*
- Distribuir beneficios en forma equitativa, considerando una adecuada valoración de los componentes de la biodiversidad
- Proteger y fortalecer los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas, afroamericanas y locales con base en el reconocimiento de sus derechos individuales, comunitarios y colectivos
- Desarrollar conocimientos científicos, innovaciones y tecnologías para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, previniendo y minimizando los riesgos en el ambiente y la salud humana
- Lograr que las políticas sectoriales y los proyectos de desarrollo con impacto subregional, incorporen la conservación y uso sostenible de la biodiversidad
- Desarrollar la capacidad de negociación internacional en materia de conservación y uso sostenible de la biodiversidad en la Comunidad Andina

En marzo del presente año y en el marco de la aplicación de esta Estrategia se realizó el evento Gastronomía y Biodiversidad: Aromas y Sabores Andino-Amazónicos durante la VIII Conferencia de los Estados Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) celebrada en Curitiba, Brasil en 2005.

Lineamientos para la Formulación del Plan Integrado de Desarrollo Social

Estos lineamientos han sido aprobados mediante la Decisión 553 en 2003, con el objeto de diseñar un Plan Integrado de Desarrollo Social, que permita reducir la pobreza en los países andinos. Uno de los componentes de este Plan debe ser el aprovechamiento sostenible de los recursos de la biodiversidad para contribuir al mejoramiento de las

condiciones de vida de la población, en concordancia con la Estrategia Regional de Biodiversidad.

Referencias

Cordonier Segger, M.C., M. Araya, A.K. Gonzáles-Lützenkirchen, N. Lucas, M. Bastida Muñoz & J. Zalles Taurel. 2002. Reglas ecológicas y sustentabilidad en las Américas. Instituto Internacional para el Desarrollo Sustentable (IISD), Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), México DF. 164 p. www.iisd.org/pdf/2002/trade_ersa_es.pdf

FAO. 2002. Guía de la convención Internacional de protección fitosanitaria. Roma. 20 p.

UICN, PNUMA, WWF. 1980. Estrategia mundial para la conservación. La conservación de los recursos vivos para un desarrollo sostenido. Gland.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 521-532.

Acceso a recursos genéticos

Beatriz Zapata Ferrufino

Proyecto UNEP/GEF Conservación *in situ* de Parientes Silvestres de Cultivos a través del Manejo de Información y su Aplicación en Campo, La Paz, Bolivia
email: beazafe@megalink.com

Abstract

This chapter analyzes the available tools and basic principles governing the global regulation of access to genetic resources and distribution of benefits, as established by the Biodiversity Convention, and with special attention to the Andean region. There are seven basic principles: 1) Sovereignty of states that govern their own genetic resources. 2) Facilitation of access to genetic resources in which conditions that generate environmentally adequate use is made viable. 3) Provision of data on genetic resources, as sites of origin (*in situ*) or *ex situ*. 4) Mutually agreed conditions securing just and equal distribution. 5) Anterior fundamental agreement of the contracting party. 6) Equal and just distribution of benefits (with nine aspects), such as: 7) Rights of indigenous people and local communities that may claim the right to share the benefits derived from their knowledge, derived products, and associated knowledge. The Decision 391 on the Common Regime of Access to Genetic Resources governs regionally the sovereignty over the genetic resources of states of the Andean Community of Nations, including migrating species, derived products and intangible components; excluded are: human genetic resources, resources used by indigenous, Afroamerican, and local communities in the member states, sanctioned by usage. Among the five member states only Bolivia has regulated the Decision 391, and has evaluated nine applications of access, of which two contracts have been signed. Considering the difference of interpretation of Decision 391 and legal problems the management, the application of the regulations is difficult in the member states, and a strategy promoting their implementation is needed.

Key words: Access to genetic resources, Tropical Ande an countries, Distribution of benefits, Decision 391.

Resumen

Se analizan los instrumentos disponibles y los principios básicos que sustentan la regulación global de acceso a los recursos genéticos y distribución de beneficios, establecida por el Convenio sobre Diversidad Biológica y con énfasis en la región andina. Los principios básicos analizados son siete: 1) La soberanía de los estados que regulan sus propios recursos genéticos, 2) facilitación del acceso a los recursos genéticos en que se generan condiciones que viabilizan el uso ambientalmente adecuado, 3) suministro de recursos genéticos como sitio de origen (*in situ*) o *ex situ*, 4) condiciones mutuamente acordadas asegurando una distribución justa y equitativa, 5) consentimiento fundamentado previo de la parte contratante, 6) distribución justa y equitativa de los beneficios (con nueve aspectos), así como 7) derechos de pueblos indígenas y comunidades locales que pueden reclamar el derecho de compartir los beneficios derivados de los conocimientos, productos derivados y conocimientos asociados. La Decisión 391del Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos rige regionalmente la soberanía de los países del trópico andino miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) de sus recursos genéticos, incluyendo a especies migratorias, productos derivados y componentes intangibles; se excluye a recursos genéticos humanos, a los utilizados por comunidades indígenas, afroamericanas y locales de los países miembros bajo prácticas consuetudinarias. De los cinco países andinos, solo Bolivia ha reglamentado la aplicación de la Decisión 391 y ha evaluado nueve solicitudes de acceso y solo dos cuentan con contratos suscritos. Dado que se tienen distintas interpretaciones de la Decisión 391 y dificultades legales, se ha dificultado su aplicación en los países de la CAN por lo que se requiere de una estrategia que agilice su funcionamiento.

Palabras clave: Acceso a recursos genéticos, Países del Trópico Andino, Distribución de beneficios, Decisión 391.

Introducción

El hombre ha dependido de la utilización de la biodiversidad y dentro de ésta, del acceso a los recursos genéticos (hablando en términos no jurídicos) para producir, innovar, mejorar y adaptar esta biodiversidad según sus necesidades particulares. Cuando en los años 80 se constató el acelerado proceso de pérdida de biodiversidad se empezaron también a plantear las medidas necesarias para reducir el ritmo de extinción y degradación de la misma. Antes de 1993, el acceso a los recursos genéticos del planeta era libre. Las únicas barreras para el acceso a estos recursos genéticos eran las distancias y barreras geográficas, el conocimiento de su existencia, su inadaptabilidad a otros ecosistemas y su aceptación o utilidad para otras culturas. Entre los mecanismos ideados para enfrentar esta pérdida se encuentra el acceso a los recursos genéticos, que en esencia es el derecho de exigir beneficios derivados de la utilización de un recurso natural, el recurso genético. Estos beneficios serían un incentivo más para conservar la biodiversidad y utilizar sosteniblemente sus componentes.

El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)

En junio 1992 durante la realización de la Cumbre de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) se adoptaron acuerdos importantes, tales como: la Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Agenda 21, los Principios Sobre los Bosques y dos Convenios: Convenio Marco Sobre los Cambios Climáticos y Convenio Sobre la Diversidad Biológica. Una característica especial de la CNUMAD fue que los principios tratados y los acuerdos firmados reconocen finalmente las estrechas relaciones entre el medio ambiente y la economía (MDSP 2002).

El CDB entró en vigencia desde el 29 de diciembre de 1993; fue suscrito y ratificado por países andinos, entrando en vigencia en Bolivia desde la fecha de ratificación. Si bien hubo consenso en la mayor parte del Convenio, los aspectos más difíciles de negociar fueron los relacionados a los recursos genéticos, en particular el acceso a los mismos, así como lo referido a la transferencia de tecnología y muy vinculada a ésta, los aspectos de propiedad intelectual. El CDB cambió la doctrina de que los recursos genéticos eran patrimonio de la humanidad y por tanto su acceso no debería ser restringido por *"la soberanía de los Estados sobre sus recursos genéticos"*.

En el marco del Convenio, los países andinos a través del Acuerdo de Cartagena – actual Comunidad Andina de Naciones (CAN) – elaboraron y aprobaron la Decisión 391: Régimen Común para el Acceso a los Recursos Genéticos en julio de 1996.

El acceso a recursos genéticos y la distribución de beneficios

El acceso a los recursos genéticos establecido en el CDB cambió por completo el trato al acceso a los recursos genéticos, que hasta entonces se consideraba patrimonio común de la humanidad y por tanto de acceso irrestricto, por la soberanía de los Estados sobre sus recursos genéticos y con ésta, la posibilidad de regular sobre su acceso y negociar los beneficios derivados de su utilización. Sin embargo, el concepto del acceso a los recursos genéticos es sencillo, comparado con su puesta en práctica. El que la mayor parte de la diversidad biológica del planeta se encuentre en los países subdesarrollados y el que los mayores beneficios de la utilización de los recursos genéticos se queden en los países desarrollados plantean serios conflictos de intereses políticos y económicos Norte-Sur. Así mismo, el que la diversidad biológica esté distribuida independientemente de las fronteras de los

estados y que las comunidades indígenas y locales compartan los mismos conocimientos acerca del uso de la biodiversidad también genera conflictos a nivel local.

Principios básicos del CBD sobre recursos genéticos

El Artículo 2 del CDB define a los *recursos genéticos* como: material genético de valor real o potencial y el *material genético* como: *todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otra índole que contenga unidades funcionales de la herencia* (CDB s/a). Por lo tanto, el ámbito de aplicación de las disposiciones en materia de acceso y distribución de beneficios contenidas en el Artículo 15 y las disposiciones afines de los Artículos 16 y 19 se limita al acceso a los recursos genéticos así definidos. Se limita también a aquellos recursos genéticos suministrados por las Partes Contratantes que sean países de origen de dichos recursos o por Partes que hayan adquirido los recursos genéticos de conformidad con lo dispuesto en el Convenio, según lo previsto en el Artículo 15 (3). Además, en las definiciones correspondientes del Artículo 2 el CDB no deja explícito en su ámbito de aplicación a los productos derivados, como ser exudados, tintes y otros productos derivados, también llamados compuestos secundarios, resultantes de la actividad metabólica de los organismos. Sin embargo, dada la importancia económica de estos productos, los países han optado por incluirlas en sus legislaciones. Por otra parte, el Convenio no comprende a los recursos genéticos humanos.

Soberanía de los estados - Art. 15(1)

Aunque con anterioridad al CDB, los principios del derecho internacional ya reconocían la soberanía de los estados sobre sus recursos naturales, no se llegó a aplicar la soberanía a nivel de los recursos genéticos. Menos todavía cuando desde 1983 en el ámbito de la Organización de las Naciones Unidas sobre Agricultura y Alimentación (FAO), numerosos países del mundo se adhirieron al Compromiso Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, acuerdo no vinculante, basado en la premisa de que "*los recursos fitogenéticos son patrimonio de la humanidad y que, por tanto, su disponibilidad no debe estar restringida*" (ONU 1999, 2000). El CDB en cambio, es claro en reafirmar la soberanía de los Estados sobre sus recursos biológicos. En el primer apartado del artículo 15 dice: *En reconocimiento de los derechos soberanos de los Estados sobre sus recursos naturales, la facultad de regular el acceso a los recursos genéticos incumbe a los gobiernos nacionales y está sometida a la legislación nacional* (CDB s/a). De esta manera, se confirma la autoridad de los Estados para regular el acceso a los recursos genéticos dentro del ámbito de su jurisdicción y de los cuales son países de origen.

Facilitación del acceso a los recursos genéticos - Art. 15(2)

El apartado 2° del Artículo 15 establece: *Cada Parte contratante procurará crear condiciones para facilitar a otras Partes Contratantes el acceso a los recursos genéticos para utilizaciones ambientalmente adecuadas y no imponer restricciones contrarias a los objetivos del presente Conveni* (CDB s/a). En el ejercicio de la soberanía sobre el acceso a los recursos genéticos, las Partes deberán facilitar el acceso de estos recursos a otras Partes contratantes del CDB. Este apartado reafirma uno de los principios del Convenio, que es el reconocimiento de la diversidad biológica como interés común de toda la humanidad, no solamente en cuanto a la responsabilidad de conservación, sino también en cuanto a la necesidad de utilización. Esta afirmación no debería verse afectada por el ejercicio de los derechos soberanos de los países sobre sus recursos genéticos, en la medida que las Partes acuerden la distribución justa y equitativa de

beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos.

Un ejemplo claro y posiblemente sea la razón para incluir este apartado en el texto del CDB son los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura, en que se reconoce la fuerte interdependencia de los países y la necesidad de mantener el flujo de los recursos genéticos entre éstos. Por otra parte, las normas para regular el acceso a los recursos genéticos – en mayor o menor medida – imponen restricciones al acceso, que son justificadas en la medida que se logra una mejor distribución de los beneficios resultantes de su utilización. Sin embargo, en la medida que las normas reguladoras del acceso se complican y representan una mayor restricción al acceso, la energía invertida en salvar dichas restricciones se traducen en costos (el contar con personal técnico bien capacitado, la realización de consultas adicionales, movilización y comunicaciones, tiempo de profesionales en redacción de informes, realización trámites legales, la pérdida de la oportunidad de realizar las actividades en el momento adecuado – particularmente cuando se trata de colectas o realización de pruebas, donde la época del año juega un papel determinante – se traducen en costos, tanto directos como de oportunidad) llamados costos de transacción. Un elevado costo de transacción afectaría por una parte a las pequeñas iniciativas de acceso a recursos genéticos que verían frustrados sus proyectos al ser los costos de transacción tan elevados con relación al beneficio esperado. Por otra, la autoridad gubernamental encargada de la aplicación del acceso tendría la obligación de instalar y mantener una oficina costosa, muchas veces fuera del alcance de sus posibilidades. En ambos casos, la aplicación del acceso a los recursos genéticos sería contraproducente a los objetivos originales del acceso. El desafío está en encontrar el equilibrio correcto entre establecer el acceso a los recursos genéticos y asegurar una distribución justa y equitativa de los beneficios.

País que suministra los recursos genéticos - Art. 15(3)

El Apartado 3 del Artículo 15 establece: *A los efectos del presente Convenio, los recursos genéticos suministrados por una Parte Contratante a los que se refieren este artículo y los artículos 16 y 19 son únicamente los suministrados por Partes Contratantes que son países de origen de esos recursos o por las Partes que hayan adquirido los recursos genéticos de conformidad con el presente Convenio* (CDB s/a). El apartado busca aclarar cuáles Partes tienen derecho para suministrar recursos genéticos y beneficiarse de su utilización, de acuerdo a lo establecido en los artículos 15, 16 y 19 del Convenio y que abarcarían dos categorías de las Partes (Glowka *et al*. 1996):

- Las Partes que son países de origen, entendiéndose por esto el país que posee los recursos genéticos en condiciones *in situ*.
- Las Partes que han adquirido los recursos genéticos de conformidad con el Convenio, en este último caso quedarían excluidos dos casos específicos: los recursos genéticos adquiridos antes de la entrada en vigencia del Convenio y los recursos genéticos adquiridos ilegalmente del país de origen después de la entrada en vigencia del Convenio.

En lo referente a las colecciones *ex situ*, este apartado tiene por efecto excluir a los recursos genéticos adquiridos antes de la entrada en vigor del Convenio del ámbito de sus disposiciones relativas al acceso y distribución de beneficios. Las colecciones de recursos genéticos *ex situ* adquiridas antes de la entrada en vigor del Convenio quedan por lo tanto fuera del alcance de estas disposiciones. Sin embargo, en la Conferencia para la Adopción del Texto Acordado del Convenio se incluyó una disposición

(Resolución 3 del Acta Final de Nairobi), reconociendo la necesidad de buscar soluciones apropiadas para los recursos fitogenéticos en el marco de la FAO (Glowka *et al.* 1996). Estas soluciones fueron negociadas y actualmente han sido incluidas en el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura de la FAO, aprobado en 2004.

Condiciones mutuamente acordadas - Art. 15(4)

El artículo 15 (4) establece que "*Cuando se conceda acceso, éste será en condiciones mutuamente convenidas y estará sometido a lo dispuesto en el presente artículo*" (CDB s/a). Las condiciones mutuamente acordadas no fueron definidas en el texto del Convenio. Sin embargo, se deduce por el contexto que el espíritu es asegurar una distribución justa y equitativa de los beneficios. Al establecer condiciones mutuamente acordadas demanda la necesidad de negociaciones entre el país que suministra los recursos genéticos y el interesado en acceder a ellos. Sin embargo, dependiendo del recurso genético al cual se desee acceder, la negociación puede involucrar a diversos posibles beneficiarios en el país de origen, como ser el dueño del recurso biológico, los habitantes de las tierras donde se acceda al recurso, los poseedores del conocimiento tradicional, además de otros. Los acuerdos alcanzados se plasman en un documento, denominado Contrato de Acceso a Recursos Genéticos o Acuerdo de Transferencia de Material. En éste se establecen las condiciones del acuerdo, tales como los beneficios esperados, formas y distribución de pago entre los involucrados, reconocimiento de los derechos sobre los conocimientos tradicionales asociados a los recursos genéticos y otros derechos de propiedad intelectual, plazos y participación de contrapartes locales, entre otros.

Consentimiento fundamentado previo - Art. 15(5)

El Artículo 15 (5) establece: *El acceso a los recursos genéticos estará sometido al consentimiento fundamentado previo de la Parte Contratante que proporciona los recursos, a menos que esa Parte decida otra cosa* (CDB s/a). El país proveedor del recurso genético tiene la autoridad de solicitar a un usuario potencial – ya sea un país, empresa privada o recolector – de recursos genéticos situados dentro de su jurisdicción, no solamente obtener la autorización antes de acceder a los recursos genéticos, sino también exigirle que presente un perfil de proyecto con las implicancias del acceso, especificando entre otras cosas, cómo y por quién serán utilizados dichos recursos. Esta información o falta de la misma podría ser importante para quien proporcione recursos genéticos decida si concede el acceso y bajo cuáles términos.

Aunque el artículo 15 no requiere el consentimiento fundamentado previo a nivel local, una Parte Contratante puede exigir la aplicación del consentimiento previo a nivel local para asegurar la distribución de beneficios, cumplir con la legislación nacional y reconocer derechos de la población local. Normalmente esta exigencia se desarrollará entre los distintos actores involucrados en un caso de acceso a recursos genéticos: las comunidades indígenas y locales, poseedoras del conocimiento tradicional asociado al recurso genético situado dentro de su jurisdicción, el sector científico/académico local y la autoridad gubernamental encargada de extender la autorización de acceso. En este punto debe considerarse especialmente los costos de transacción y el equilibrio entre un procedimiento práctico y aplicable, pero asegurando al mismo tiempo una distribución justa de beneficios.

Distribución justa y equitativa de los beneficios

En el CDB se menciona la distribución de beneficios en varios artículos, pero no se definen los términos: beneficios, distribución ni distribución de beneficios. Consecuentemente, el significado de distribución de beneficios puede interpretarse en sentido amplio según la letra y el espíritu del Convenio como un instrumento para fomentar en términos mutuamente convenidos el intercambio equitativo de los recursos genéticos y conocimientos, innovaciones y prácticas conexas a cambio de una adecuada distribución de beneficios. El CDB da algunos ejemplos de beneficios que podrían compartirse. Por ejemplo, el artículo 15 (6) considera la participación en la investigación científica. El artículo 15(7) considera la distribución justa y equitativa de los resultados de las actividades de investigación y desarrollo y de los beneficios derivados de la utilización comercial y de otra índole de los recursos genéticos. El acceso y transferencia de tecnología del uso de esos recursos genéticos están considerados en el artículo 16 (3). Luego el artículo 19(1) considera la participación en actividades de investigación biotecnológica basada en recursos genéticos. Finalmente, el artículo 19(2) considera el acceso prioritario a los resultados y beneficios derivados de las biotecnologías basadas en los recursos genéticos suministrados (CDB s/a).

En toda interpretación de distribución de beneficios es necesario examinar distintos aspectos como los siguientes (UNEP 1998, 1999):

(1) la naturaleza del recurso en cuestión,
(2) el uso final,
(3) la naturaleza o tipo de los beneficios,
(4) como surge la obligación de distribuir los beneficios,
(5) entre quiénes deberían distribuirse (quiénes son los beneficiarios?),
(6) cómo cuantificar y asignar los beneficios entre los beneficiarios,
(7) las medidas para fomentar la distribución de los beneficios entre los beneficiarios,
(8) los mecanismos por medio de los cuales se pueden distribuir los beneficiarios a los beneficiarios,
(9) los costos de transacción involucrados.

Los beneficios pueden ser de naturaleza monetaria y no monetaria. Entre los beneficios monetarios pueden citarse como ejemplo: a) Regalías, b) pagos por adelantado, c) Impuestos a la prospección biológica, d) sueldos y salarios y e) porcentaje de presupuesto de investigación. Los beneficios no monetarios pueden ser de naturaleza ambiental, social o económica y pueden citarse como ejemplo: a) Participación de especialistas y/o instituciones nacionales en actividades de investigación, b) distribución de los resultados de la investigación, c) conjunto completo de especímenes científicos que se dejan en instituciones nacionales, d) apoyo a la investigación en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, e) fortalecimiento de la capacidad nacional mediante transferencia de tecnología, incluida la biotecnología, f) Fortalecimiento de la capacidad de las comunidades indígenas y locales para negociar los beneficios resultantes del uso de los componentes intangibles asociados a los recurso genéticos y a sus derivados, g) entrega a proveedores del recursos genético sin pago de regalías de todas las tecnologías elaboradas como consecuencia de la investigación sobre especies endémicas, h) donación a las instituciones nacionales del equipo utilizado como parte de la investigación, i) libre acceso a tecnología y productos resultantes del acuerdo y j) intercambio de información (UNEP 1998, 1999).

En todos los casos, la distribución de beneficios deberá realizarse bajo términos mutuamente acordados. Esto implica una negociación caso por caso entre el proveedor del recurso genético (Estado) y el usuario potencial. Por cualquier medio que fuera, el resultado final debiera ser un arreglo, expresado

en un acuerdo de acceso justo y equitativo. Lo que sea justo y equitativo cambiará de acuerdo a las circunstancias, pero podría determinarse en función a las contribuciones relativas hechas a la asociación por cada una de las partes en el acuerdo, basadas en los recursos genéticos suministrados, conocimientos asociados o información, capital de inversión o trabajo.

Es probable que los términos de la distribución de beneficios sean diferentes en cada caso. En algunos casos, al momento de negociar el acuerdo de acceso podría ser imposible determinar cuáles recursos genéticos están implicados, porque podría faltar su recolección, determinar los tipos de uso futuro contemplados y/o definir el producto final. Puede no ser evidente que el usuario final sea o no comercial. A pesar de esta inexactitud, se puede establecer y asegurar una distribución efectiva de los beneficios en el acuerdo de acceso. La evaluación de la justicia y la equidad para la distribución de beneficios entraña abordar cuestiones de cuantificación y evaluación de:

a) Los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos asociados
b) Las contribuciones de las distintas partes interesadas a la creación de esos beneficios
c) Los beneficios otorgados a cambio del acceso a recursos genéticos y su utilización
d) La asignación de los beneficios entre los distintos beneficiarios

Derechos de pueblos indígenas y comunidad locales

El Artículo 8j) establece: *Con arreglo a su legislación nacional, respetará, preservará y mantendrá los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica y promoverá su aplicación más amplia, con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas, y fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente* (CDB s/a). Desde su origen, las comunidades indígenas y locales han conservado y utilizado los recursos biológicos de su entorno. En este proceso, las comunidades han desarrollado un acervo de conocimientos acerca de la utilización de estos recursos y diversidad de plantas y animales necesarios para su supervivencia. El conocimiento tradicional continúa y continuará proveyendo indicios de carácter crítico a los científicos especializados en agricultura, medicina y en el campo industrial. Por otro lado, el conocimiento tradicional proporciona importantes fuentes de información sobre el uso de los recursos naturales y el manejo de los ecosistemas. Las comunidades indígenas y locales no sólo tienen un amplio conocimiento del medio que los rodea, sino además juegan un importante rol en la formulación y aplicación de cualquier política de conservación.

El CDB marca un hito en cuanto a los derechos de las comunidades indígenas y locales sobre sus conocimientos, prácticas e innovaciones tradicionales pertinentes para la conservación de la diversidad biológica. Efectivamente, el Convenio reconoce la estrecha dependencia de estos grupos sociales de su entorno ambiental y biológico; además, reconoce también el aporte realizado por estas comunidades a la conservación y utilización sostenible de la biodiversidad y la necesidad hacerlos partícipes de los beneficios resultantes de sus descubrimientos e innovaciones que son útiles para todos. Aunque el CDB reconoce en muchas partes que las comunidades indígenas y locales tienen estrechos vínculos con los recursos biológicos, como los siguientes casos: párrafo 12 del Preámbulo, artículo 10(c) (la protección y fomento a la utilización consuetudinaria de los recursos biológicos), párrafo 13 del Preámbulo (rol de la mujer en la

conservación de la diversidad biológica) y el artículo 8(j). Con sujeción a su legislación nacional, cada Parte Contratante o país Parte del CDB debería:

- Respetar, preservar y mantener el conocimiento, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica
- Promover la aplicación más amplia de los conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales con la aprobación y participación de quienes poseen esos conocimientos
- Fomentar que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente

De hecho y dependiendo de las circunstancias, algunas de las opciones para la implementación del artículo 8(j) pueden necesitar de la conjunción de políticas o legislación complementaria que otorga ciertos derechos a individuos o comunidades locales. Cuando se trata del acceso a los recursos genéticos, estos derechos sobre los conocimientos tradicionales asociados al recurso genético cobran especial valor y deben ser considerados en las diversas etapas que involucra el acceso a los recursos genéticos. Dependiendo del sistema legal del país y de dónde se obtienen los recursos genéticos, los proveedores locales de los conocimientos tradicionales asociados a los recursos genéticos, tales como las comunidades indígenas y locales, pueden reclamar el derecho de compartir justa y equitativamente los beneficios derivados de estos conocimientos. Algunos de los principios establecidos en el artículo 15, como el *consentimiento fundamentado previo* y *condiciones mutuamente acordadas*, deberían aplicarse a nivel local.

Acceso a recursos genéticos en los países del trópico andino

El régimen común de acceso a los recursos genéticos: Decisión 391 de la Comunidad Andina de Naciones (CAN)

Luego de la entrada en vigencia del CDB, uno de los más grandes desafíos fue y sigue siendo su aplicación efectiva, tanto en lo que corresponde a sus principios como a sus mandatos. La efectividad del CDB depende de la puesta en práctica a niveles regionales y nacionales de una serie de acciones entre las que destaca el desarrollo y actualización de legislación sobre los recursos genéticos. La Decisión 391 tiene su origen jurídico en la Decisión 345 (aprobada a fines de 1993, como un *Régimen Común de Protección a los Derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales*) y en la que se incorporó una disposición transitoria con el mandato de aprobar un *Régimen Común, sobre Acceso a los Recursos Biogenéticos y Garantía a la Bioseguridad de la Subregión* (Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena 1993), cuyo plazo vencía el 31 de diciembre de 1994. El 2 de julio de 1996, la Comisión de Junta del Acuerdo (actual Comisión de la Comunidad Andina) aprobó la Decisión 391 como un *Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos*, estableciendo como consideración básica la soberanía de los países en el uso y aprovechamiento de sus recursos genéticos, sus productos derivados y los conocimientos asociados. Dicho régimen es un sistema jurídico- administrativo que tiene como objetivo central asegurar la distribución justa y equitativa de los beneficios – monetarios y no monetarios – derivados del uso de los recursos genéticos e indicando el procedimiento a seguir para utilizar los recursos genéticos en los países miembros de la CAN.

La Decisión 391 – que aplica el concepto de bien público – coloca a los recursos genéticos en el ámbito del dominio público, pero además reafirma esta condición previniendo de cualquier posible traspaso de la propiedad de

estos recursos o sus derivados a manos privadas, calificándolos de *inalienables, imprescriptibles e inembargables*. Así mismo en su artículo 6, la Decisión 391 aclara que el régimen de propiedad aplicable a los recursos genéticos es independiente del régimen de propiedad aplicable a los recursos biológicos y productos derivados que contienen los recursos genéticos, el predio donde se encuentren éstos o el componente intangible asociado (Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena 1996). Justamente porque antes de la entrada en vigencia del CDB no se había establecido ningún régimen de propiedad sobre los recursos genéticos, la Decisión 391 realiza un esfuerzo especial para expresar la diferencia de regímenes aplicables a la propiedad del recurso genético y a la del recurso biológico.

La Decisión 391 crea un nuevo régimen legal para el tratamiento de los recursos genéticos, basado en la propiedad del Estado sobre los recursos genéticos, de conformidad con la calidad de bien público y explícitamente lo separa de los regímenes que rigen la propiedad de los recursos biológicos que los contiene, la propiedad del lugar donde se encuentren o la propiedad de los conocimientos asociados a aquel. Bajo estas circunstancias, la utilización de los recursos genéticos se realiza por terceros a través de una autorización en un contrato de acceso a recursos genéticos, que otorga la autoridad competente en un país miembro, siempre y cuando se haya cumplido con el procedimiento y las condiciones básicas que se exigen en el procedimiento de acceso. El recurso genético como tal no podrá pasar a propiedad privada, a no ser que luego de haber obtenido el permiso de acceso a un recurso genético y a partir de éste se haya desarrollado un nuevo producto susceptible de protegerse mediante algún sistema de propiedad intelectual. En todo caso, el producto protegido no podrá ser el mismo que se solicitó previamente.

La Decisión 391 establece como ámbito de aplicación de *los recursos genéticos de origen* de los Países Miembros incluyendo a: 1) aquellos provenientes de especies migratorias que por causas naturales se encuentren dentro su jurisdicción, 2) productos derivados y 3) componentes intangibles de dichos recursos genéticos (Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena 1996). Cabe destacar que la definición de "país de origen" de la Decisión 391 es más amplia que la del CDB e incluye también a los recursos genéticos que habiendo estado en condiciones *in situ* se encuentran ahora en condiciones *ex situ.*

Los productos derivados no están mencionados en el CDB y no pueden concebirse como recursos genéticos. Sin embargo, se los incluyó en el ámbito de aplicación de la Decisión 391 porque:

i) Los productos derivados son los recursos más apreciados en la industria farmacéutica que a diferencia de la agrícola no está interesada en la capacidad reproductiva del recurso genético que dio origen al producto derivado, sino en sus propiedades bioactivas. Estas propiedades bioactivas - una vez descubiertas y aisladas las moléculas responsables - puede desarrollarse una serie de subproductos comercializables y generadores de beneficios para luego protegerse mediante derechos de propiedad intelectual. Un ejemplo de producto derivado es la sangre de drago que es un extracto crudo de *Croton lechleri*.
ii) A través de las modernas técnicas biotecnológicas, se puede recomponer las secciones originales de la información genética que dio origen al producto derivado. Esta información puede ser posteriormente utilizada en la síntesis del producto derivado y en procesos de ingeniería genética.

Exclusiones a la aplicación de la Decisión 391

No todos los recursos genéticos que se encuentren en los países miembros de la

Comunidad Andina de Naciones son administrados o regulados por el Estado. Los que se acogen al régimen de la Decisión 391 son únicamente aquellos que reúnan las características de ser de origen de los países miembros. El artículo 4 excluye del ámbito de la Decisión a los recursos genéticos humanos y a aquellos utilizados por las comunidades indígenas, afroamericanas y locales de los países miembros bajo prácticas consuetudinarias (Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena 1996).

Avances en el proceso de aplicación de la Decisión 391 en los países andinos

La Decisión 391 ha sido reglamentada en Bolivia en 1997 a través de un Decreto Supremo para su aplicación a nivel nacional (Gaceta Oficial de Bolivia 1997). El resto de países andinos (Ecuador, Colombia, Perú y Venezuela) iniciaron un proceso de reglamentación de dicha norma pero no la concluyeron, aplicando en el caso de Venezuela por ejemplo directamente la Decisión 391. En Perú, Ecuador y Colombia hasta la fecha no hay casos conocidos de contratos de acceso a recursos genéticos suscritos.

Durante los años 1996-2004 Bolivia evaluó nueve solicitudes de acceso a recursos genéticos y solo dos culminaron con la suscripción de contratos de acceso a recursos genéticos. Algunas de ellas fueron devueltas para su complementación y no fueron presentadas nuevamente. Otras fueron evaluadas y recomendadas como procedentes para la suscripción de contratos de acceso pero no todos han sido concretados. Las solicitudes presentadas fueron (MDS 2004):

1. Solicitud para el acceso a recursos genéticos de especies ornamentales con fines de investigación, desarrollo de potenciales comerciales y desarrollo de una estrategia de mercado (1995-2000)
2. Solicitud para el acceso a recursos genéticos de camélidos para la comercialización y exportación en pie, con el objeto de financiar actividades de mejoramiento, redoblamiento y acopia (1997)
3. Solicitud para el acceso a recursos genéticos de maní (1998)
4. Solicitud para el acceso a recursos filogenéticos de especies silvestres amenazadas de maní cultivado (2000-2001)
5. Solicitud para el acceso a recursos genéticos de flora y microorganismos en dos áreas protegidas (2000)
6. Solicitud para el acceso a recursos genéticos de plantas aromáticas y medicinales de predios en una comunidad Quechua de Cochabamba (2000)
7. Solicitud para el acceso a recursos genéticos a partir de especies arbóreas (2001)
8. Solicitud para el acceso a recursos genéticos de especies florales para la obtención de esencias y extractos (2001)
9. Solicitud para el acceso a recursos genéticos de 10 vitroplantas de cinco variedades nativas de papa (2003-2004)

Entre 1997 y mediados de 2001 Venezuela ha recibido aproximadamente veinte solicitudes de acceso a recursos genéticos, pero solo seis han culminado con la suscripción de contratos. Algunas de ellas, por ejemplo una vez evaluadas han sido desestimadas y dadas por finalizados los procedimientos, por no implicar acceso los proyectos propuestos y en consecuencia no ameritan la suscripción de un contrato. Otras solicitudes referidas a proyectos que prevén el uso de conocimientos tradicionales o que se realizaron en áreas de pueblos indígenas quedaron en suspenso ante la falta de reglas para el consentimiento. Las solicitudes aprobadas referidas a un proyecto de investigación específico fueron (Febres 2002):

1. Proyecto Búsqueda y caracterización de compuestos con actividad biológica en plantas del Amazonas venezolano.

2. Proyecto Investigación etnobotánica sobre plantas medicinales entre los Yanomami de Venezuela.
3. Proyecto Sistemática molecular del género *Myoborus*.
4. Proyecto Rescate de información agroalimentaria de tecnología ancestral y medicina nativa para el desarrollo sustentable de diversas etnias de Venezuela.
5. Proyecto Biomedicinas del bosque tropical.
6. Proyecto Paternidad múltiple en la población de tortuga arrau.

Una evaluación de los avances en el proceso de aplicación de la Decisión 391 efectuada en la primera reunión del Comité de Recursos Genéticos de la CAN evidenció que existen diferentes interpretaciones de las definiciones de la misma, lo que dificulta su aplicación efectiva y uniforme en estos países. Ya se han suscitado dificultades para continuar con investigaciones vinculadas al acceso a recursos biológicos y/o genéticos, desarrollados por diferentes sectores ligados a las ciencias biológicas y existe una alta susceptibilidad por parte de las comunidades locales para vincularse a instituciones de investigación. El diagnóstico en la aplicación de la Decisión 391 en la subregión andina muestra que existen dificultades legales e institucionales que demandan lo siguiente: Requisitos y mejores definiciones del ámbito de aplicación de la norma, existencia consolidada de mecanismos gubernamentales integrados, incremento de la capacidad científica, soporte financiero específico y sistema de registro de información en diferentes niveles.

Analizando este contexto, los países miembros de la CAN consideran prioritario, estratégico y de gran interés el desarrollar una estrategia común en el tema de recursos genéticos, como fue expresado en la Estrategia de Conservación de la Biodiversidad de los Países del Trópico Andino (CAN 2005).

Referencias

CAN (Comunidad Andina de Naciones). 2005. Estrategia regional de biodiversidad para los países del trópico andino, Gráfica Biblos S.A., Lima. 95 p.

CBD (Convenio sobre la Diversidad Biológica). s/a. Editorial Artes Gráficas Senal, Quito. 41 p.

Febres, M. E. 2002. La regulación del acceso a los recursos genéticos en Venezuela. Centros de Estudios del Desarrollo, Universidad Central de Venezuela (CENDES), Caracas. 199 p.

Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena. 1993. Decisión 345: Régimen común de protección a los derechos de los obtentores de variedades vegetales. 29 de octubre, Lima. 9 p.

Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena. 1996. Decisión 391: Régimen común sobre acceso a los recursos genéticos. 17 de julio, Lima. 14 p.

Gaceta Oficial de Bolivia. 1997. Reglamento de la Decisión 391 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena y el de Bioseguridad. Decreto Supremo N° 24676, 21 de junio, La Paz. 37 p.

Glowka, L., F. Burhenne-Guilmin & H. Synge. 1996. Guía del Convenio sobre Diversidad Biológica. UICN, Gland y Cambridge. 179 p.

MDSP (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación). 2002. Diagnóstico sobre el Biocomercio en Bolivia y Recomendaciones para la Puesta en Marcha del Programa Nacional de Biocomercio Sostenible, La Paz. 175 p.

MDS (Ministerio de Desarrollo Sostenible). 2004. La experiencia boliviana en la aplicación de la Decisión 391: Régimen Común sobre Acceso a Recursos Genéticos. Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Dirección General de Biodiversidad, La Paz. 39 p.

ONU (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1999 Revisión del compromiso internacional sobre los recursos fitogenéticos: Opciones jurídicas e institucionales. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, Octava reunión ordinaria, (CGRFA 8/99/9), Roma. 10 p.

ONU (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Proyecto de texto Integrado del compromiso

internacional sobre recursos fitogenéticos, con la incorporación del texto de los artículos 11,12 y 15, establecido durante la octava reunión ordinaria de la Comisión, y el texto del artículo 14, establecido por el Grupo de Contacto durante la primera reunión intermedia. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, Segunda reunión entre periodos de sesiones del Grupo de Contacto, (CGRFA/ ACG-2/ 00/2), Roma. 28 p.

UNEP. 1998. Medios para abordar la distribución justa y equitativas de los beneficios derivados de los recursos genéticos: posibilidades de asistencia a los países en desarrollo que son parte en el Convenio Diversidad Biológica". Nota del Secretario Ejecutivo. UNEP/CBD/ COP/4/22, Montreal. 13 p.

UNEP. 1999. Opciones para arreglos de acceso y distribución de beneficios. Nota de la Secretaría Ejecutiva. UNEP/CBD/EP-ABS/ 2, Montreal. 19 p.

Botánica Económica de los Andes Centrales
Editores: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 533-557.

Economía forestal en Bolivia

Carsten Nico Hjortsø[1,2], Jette Bredahl Jacobsen[1], Kewin Bach Friis Kamelarczyk[1] & Mónica Moraes R.[2]

[1]Centre for Forest, Landscape and Planning, The Royal Veterinary and Agricultural University, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg C, Dinamarca
email: cnh@kvl.dk, jbj@kvl.dk, kkamelarczyk@gmail.com
[2]Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Calle 27, Cota Cota, La Paz, Bolivia
email: monicamoraes@acelerate.com

Abstract

In this chapter we introduce a comprehensive concept of resource value. Considering direct use value, indirect use value, and non-use value we attempt to encompass the total value of forest resources. Taking Bolivia as an example we present a review of forest and environmental economic literature providing an overview of the state-of-the-art within this research field in an Andes country. The larges contribution has been made in the direct use values category. Indirect use and non-use values studies are scarce. Profitability studies of timber production mainly date back to the debates over the implementation of the 1996 forest law. Since then conditions have changed and new legal bases of collective and communal forestry now accompany the well-known concession forestry model. The impact on the local and national economy of the prevalent illegal logging practices has evaded scientific enquiry. The economic role of non-timber products is scarcely documented as are the environmental economy aspects of the Bolivian forest resource. An enhanced effort in addressing these issues should be based on a close inter-disciplinary collaboration between natural and social science aiming at providing holistic and comprehensive answers useful for enterprise and policy decision-makers. The review concludes that scientific research on the economic value of forest resources is highly needed.
Key words: Use values, Economic Research, Forests resources, Bolivia.

Resumen

En este capítulo incorporamos un concepto extenso del valor de recursos, considerando los valores de uso directo, indirecto y de no uso intentamos abarcar el valor total de los recursos forestales. Presentamos una reseña bibliográfica sobre el bosque y de la economía ambiental de Bolivia como un ejemplo, generando un repaso sobre el estado de arte de este campo de investigación en un país andino. La mayor contribución ha sido realizada en la categoría de uso directo, mientras que los estudios son muy escasos en el uso indirecto y de no uso. Los estudios sobre el beneficio de la producción de madera mayormente se remontan al debate sobre la implementación de la Ley General Forestal en 1996. A partir de ésta, las condiciones han cambiado y nuevas bases legales de forestería colectiva y comunitaria acompañan al conocido modelo de las concesiones forestales. El impacto en la economía local y nacional de prácticas prevalentes ilegales madereras ha evadido la investigación científica. El rol económico de los productos no maderables está escasamente documentado, como son los aspectos económico-ambientales del recurso forestal de Bolivia. Se debería establecer una estrecha colaboración interdisciplinaria entre las ciencias naturales y sociales para proveer útiles respuestas holísticas y extensas a empresarios y decisores políticos. Esta reseña concluye que la investigación sobre valor económico de los recursos del bosque es muy necesaria.
Palabras clave: Valores de uso, Investigaciones económicas, Recursos forestales, Bolivia.

Introducción

El propósito de este capítulo es de proveer una perspectiva económica de los recursos forestales de Bolivia. Pese a que los aspectos económicos a menudo son intensamente discutidos en el manejo de los recursos del bosque en los trópicos muy pocos estudios han sido realizados y frecuentemente se dispone de muy pocos casos específicos. La economía es una disciplina cargada con condición y presunciones que no son siempre suficientemente explícitas o tomadas en consideración de los tomadores de decisiones en base a resultados científicos. Interpretaciones erróneas o ingenuas sobre estudios económicos han dirigido a muchas decisiones subóptimas en el manejo forestal. Por otro lado, los estudios económicos son muy útiles y muy importantes al guiar a los tomadores de decisiones en todos los niveles de la sociedad cuando son usados adecuadamente. El agricultor colono, el concesionario, la industria doméstica maderera y los exportadores tienen que considerar al impacto económico de sus decisiones. En una mayor escala, la sociedad tiene que tomar en cuenta a los impactos económicos del uso y no uso del recurso forestal. Las decisiones que generan ingresos y bienestar en un sector pueden tener efectos económicos devastadores en otros segmentos de la sociedad. Por ejemplo, en términos de las exterioridades ambientales negativas. El valor económico es altamente dependiente de cuál perspectiva ha sido tomada. A la luz de esta complejidad inherente proveemos de una reseña sobre el estado del arte de la economía forestal en la región andina más que las respuestas inequívocas.

Esta reseña muestra que la economía forestal es una nueva disciplina en la región andina y que está sesgada hacia estudios financieros más que a un análisis económico total. Un número relativamente amplio de estudios es consignado al nivel empresario, mientras que una perspectiva social holística es rara vez aplicada. Esta y otras observaciones son utilizadas para apuntar a nuevas direcciones para la investigación económica forestal. La disciplina está lejos de ser madura y muchos problemas que enfrenta la región andina todavía demandan respuestas. El presente capítulo incluye la mayoría de los trabajos publicados, predominantemente de revistas internacionales y de informes de diferentes estudios y proyectos. Las tesis de estudiantes son solo incluidas en casos raros. Para limitar al estudio, hemos enfocado a la forestería de Bolivia como representativa de la región andina. La mayor razón para esta limitación es la dificultad en identificar bibliografía relevante, pero también debido a que en relación a determinados proyectos e iniciativas desarrolladas en este país en los últimos 10 años han aportado fuertemente a la documentación del manejo forestal, particularmente en el tema de maderas y en la certificación forestal. En todo caso, la falta de sistemas bibliográficos a nivel de país resulta en una distribución altamente descentralizada y dispersa de las fuentes de literatura. Creemos que esta reseña es el primer intento para caracterizar el campo de la economía forestal de Bolivia, un país de la región andina y esperamos que nuestro esfuerzo inspire a economistas forestales y a otros investigadores para desarrollar este campo, así como a los tomadores de decisiones al requerir investigaciones adecuadas y útiles de los científicos. Finalmente, está organizada de acuerdo a la distinción de los valores del bosque en valor de uso directo, uso indirecto y del no uso, por lo que los casos identificados son agrupados de acuerdo a estas tres categorías.

El valor del bosque

Por definición, los valores económicos son antropocéntricos, lo que significa que para mantener el valor económico de un bien o un recurso se necesita asignar un valor para la humanidad. Este valor puede ser más o menos

directo y por ejemplo ser considerado como un valor económico para conocer que determinada especie existe incluso cuando no es utilizada. Consecuentemente, el valor económico total del bosque se basa tanto en los valores de uso como de los no uso. La tabla 1 muestra una distinción entre esos valores, que serán tratados en este capítulo. La mayor diferencia se da entre los valores de uso y de no uso, asociadas con el recurso del bosque. Algunos de los bienes pueden ser comerciales y por lo tanto proveen de valores financieros, mientras que otros no son comerciales y por lo tanto podrían contribuir a la economía (bienestar humano), pero no necesariamente a la parte financiera.

El valor económico total es visto desde el punto de vista de la sociedad como el valor de todos los ciudadanos de una determinada sociedad. Pero muy poco estudios son basados en casos específicos y no muestran la importancia económica de determinada actividad para actores simples o en forma colectiva. Por ejemplo, el lucro de la madera de ciertos bosques puede ser en beneficio de un concesionario, pero no para toda la sociedad y viceversa. Los análisis económicos por lo tanto no proveen de respuestas exactas que pueden ser fácilmente transferidas, sino en base a análisis dependientes de cada caso.

Otra diferencia importante se da entre la provisión *(stock)* y flujo o movimiento. El flujo (p.e. extracción de madera) provee de bienestar, mientras que la disponibilidad de provisión de recursos no es en si misma un bien, pero podría ser la base para el flujo. Comparando el área productiva del bosque y la producción – por ejemplo de la madera extraida – da una indicación de la relación entre la provisión y el flujo. Si el flujo o la cosecha anual exceden al crecimiento en la provisión, el bosque estará agotado en el largo plazo. Si el flujo es muy pequeño, la disponibilidad de existencias será incrementada y en términos económicos significará en un costo desde que este valor pueda ser alternativamente aplicado (dependiendo del estado actual de la provisión). Basado en la producción potencial, la producción sostenida puede ser estimada. A menudo la producción sostenida es medida por año (corta anual permitida), pero esta puede ser por día o incluso por siglo.

Tabla 1: Conceptos de valoración en economía forestal (modificado de Gregersen *et al.* 1995 y de Bateman *et al.* 2002).

Valor económico total del bosque	Valor de uso directo	Usos consuntivos	Bienes comerciales como maderas, productos no maderables
		Usos no consuntivos	Bienes no comerciales para subsistencia Recreación y turismo Ciencia y educación
	Valor de uso indirecto	Protección ambiental	Protección de cuencas, suelos y hábitats, secuestro de carbono y productividad del suelo
	Valor de no uso	Valor opcional Valor de existencia Valor legado y altruismo Valor opcional	- Diversos bienes forestales - -

Las estimaciones del valor financiero de los recursos forestales son basadas en las de la provisión y flujo. La exactitud de esas estimaciones se basa en el conocimiento disponible de la madera en pie, cosecha e incremento potencial. En el contexto de Bolivia con bosques altamente diversos, la ausente habilidad para predecir con exactitud a los estados futuros del bosque, introduce un elemento significativo en la incertidumbre de los estudios de valoración (ver Rice 1998).

El horizonte de tiempo de una inversión – por ejemplo de una operación forestal – es normalmente considerado al calcular el valor neto actual (NPV, en inglés: *Net Present Value*), descontando del valor actual a todos los costos y réditos futuros dentro de cierto periodo (por ejemplo en periodos rotatorios de 20 años). La idea detrás de esta suposición del crecimiento de la sociedad es que se recibe un dólar hoy día que puede ser invertido y mañana recibir más. De acuerdo a la definición del valor económico total, el descuento también puede ser aplicado a bienes no monetarios, como por ejemplo se descuenta al secuestro CO_2. Para las empresas privadas, la relación usada de descuento refleja la relación real alternativa, significando una proporción obtenible en la mejor alternativa de inversión. En los estudios reseñados, las relaciones de descuento varían entre 10 y 30%. A veces una relación de descuento social es aplicada para propósitos menos financieros, pero está por fuera del alcance de la presente contribución el entrar en detalles de estos temas amplios.

Para poder hacer comparables los NPV de diferentes inversiones deben ser aplicados en similares horizontes de tiempo. Otra opción es calcular el valor esperado de tierra o territorio (LEV, de inglés: *Land Expectation Value*), que corresponde a todos los costos y réditos del NPV de una opción de uso de tierra repetido a perpetuidad. Al calcular el LEV de diferentes inversiones posibilita la comparación de alternativas de manejo con diferentes horizontes de tiempo desde que en principio todos comienzan con suelos desnudos. Pero para bosques naturales o seminaturales esto no es útil, porque el suelo no está desnudo. Por lo tanto, en lugar de ese valor, es aplicado el valor de esperanza, que se refiere al flujo futuro de ingresos. Este es menos comparable, ya que depende del nivel de disponibilidad de recursos; entonces un bosque fuertemente cosechado tendrá un bajo valor esperado (ya que tomará muchos años antes que la cosecha sea posible nuevamente) y es justo antes de la cosecha que tendrá un elevado valor esperado. Muchos de los cálculos del NPV de forestería en bosques naturales o seminaturales dependerán del nivel de provisiones en una forma similar y consecuentemente podrán ser comparados con precaución, dependiendo tanto del nivel de provisión como del horizonte de tiempo. Un NPV negativo indica que la operación forestal no ha producido un egreso financiero comparable a una oportunidad similar de inversión. La existencia de un NPV positivo indica el potencial para beneficios que superan a los normales y en sistema e concesiones como en Bolivia, esa renta es potencialmente sujeta a impuestos. El tema de la captación de rentas – al compartir beneficios super normales entre el Estado y los concesionarios – ha sido tratado en varios estudios (Rice & Howard 1996, Bojanic 2001, Bojanic & Bulte 2002).

Con estos conceptos económicos en mente, presentamos a continuación un repaso sobre este conocimiento en Bolivia, pero primero resumiremos lo básico al describir al sector forestal del país.

El sector forestal de Bolivia

El área forestal total de Bolivia corresponde aproximadamente a los 53 millones de hectáreas, de las cuales la tierra forestal productiva potencial 28.8 millones ha. Según inventarios forestales efectuados por empresas concesionarias de los bosques de Bolivia, la zona más rica en especies forestales es el pie de monte andino con 303 especies diferentes, de la

cuales 18 tienen valor comercial, luego están las zona de la llanura aluvial: Guarayos con 281 especies (22 con valor comercial), la Chiquitanía con 246 (14), Bajo Paraguá con 240 (19) y el Choré con 231 (20); como complemento ilustrativo, el 20% de las especies maderables – en un total de 130 especies – produce el 79% de la madera comercializada (López 2004). La tabla 2 indica la distribución regional de la cobertura forestal productiva, junto a la madera disponible para diferentes clases de valor (STCP 2000). Unos 6.4 millones de hectáreas son usados para la producción forestal (FAO 2003a) y se aprovecha en total 2-5 m^3/ha, mientras que en países limítrofes como Brasil o Chile alcanzan alrededor de 20 m^3/ha (López 2004). La mayor parte de este bosque en producción es baja (5.7 millones ha), que es mayormente privada (5 millones ha en 76 concesiones) (Pattie *et al.* 2003). La tabla 2 también ilustra las grandes diferencias relativas en los niveles de provisión en varias regiones, así como el nivel significativo de provisiones en crecimiento con poco o ningún valor comercial.

El relativo bajo número de concesiones es atribuido al funcionamiento de la Ley General Forestal de 1996. Históricamente, la producción en Bolivia ha sido caracterizada por una explotación forestal exhaustiva de las especies altamente valoradas (Barany *et al.* 2003). La Ley Forestal de 1996 introdujo un nuevo modelo de manejo forestal, basado en la conformidad con regulaciones estrictas que buscan establecer prácticas de manejo forestal más sostenibles (MFS). Las características principales de esta Ley incluyeron i) Emisión de concesiones forestales para periodos de 40 años, ii) Introducción de un área basada en sistema derecho forestal, iii) Elaboración y aprobación de planes general de manejo forestal, iv) Elaboración y aprobación de planes relativamente detallados de las operaciones anuales de explotación forestal, v) Introducción de nuevos mecanismos de control de explotación forestal. De acuerdo a la legislación en Bolivia, el 80% de los árboles más grandes es permitido para ser extraido cada 20 años (medida por especie). La nueva Ley tuvo como consecuencia el retorno de 14 millones de hectáreas al Estado que fueron previamente mantenidas por la industria maderera en concesiones debido a la menor rentabilidad de sistemas más intensivos, comparados con las anteriores prácticas extensivas de manejo forestal. Una parte sustancial de la investigación ha identificado en este estudio la condición financiera

Tabla 2: Distribución regional del área forestal productiva y provisión de madera existente de Bolivia (basado en STCP 2000). Abreviaciones: (1) DAP (Diámetro a la altura del pecho) ≥ 20 cm (2), 1 = Especies más valoradas, 2 = Especies valoradas, 3 = Especies poco valoradas, 4 = Especies con potencial, 5 = Especies con valor desconocido y 6 = Especies no maderables.

	Área		**Volumen (m^3/ha)(1)**						
	Millón ha	%	**1(2)**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**TOTAL**
Bajo Paraguá	3.8	13	1.20	16.84	9.67	6.30	11.17	5.71	50.89
Chiquitanía	6.3	22	3.55	23.63	7.92	0.64	7.20	0.45	43.39
Choré	1.6	6	0.68	43.55	18.81	12.79	8.35	4.34	88.52
Guarayos	4.2	15	0.45	24.99	10.42	3.03	6.04	2.23	47.16
Preandino-amazónico	4.1	14	2.18	30.62	14.76	7.77	15.77	5.99	77.09
Amazonía	8.8	30	2.13	21.92	16.70	14.45	33.72	26.62	115.54
Total	**28.8**	**100**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**

cambiante que enfrentó el sector después que la nueva Ley Forestal fue promulgada.

La nueva Ley Forestal introdujo dos nuevos tipos de bases legales para las operaciones forestales: Tierras Comunitarias de Origen (TCO) y la Agrupación Social del Lugar (ASL). Las TCO's son áreas asignadas a grupos indígenas que tienen derechos exclusivos para el uso forestal, mientras que las ASL's son grupos comunitarios locales que pueden tener el derecho del aprovechamiento maderero en áreas forestales públicas designadas a los gobiernos municipales. La tabla 3 muestra la producción oficial de madera en 2002, distribuida en bases legales para las operaciones forestales. La producción totalizó hasta 581.782 m^3, pero la FAO estima que la producción fue mucho más elevada (cerca de 1.1 millón de m^3, debido a la explotación forestal ilegal). Pese a que la explotación ilegal fue reducida con esta nueva Ley, ésta fue posteriormente incrementada probablemente debido al insuficiente control en Beni, Cochabamba y Pando (FAO 2003b).

Los bosques de Bolivia son altamente diversos en términos de especies potenciales de madera. Más de 300 especies y menos de 100 hectáreas han sido caracterizadas en sus propiedades mecánicas y físicas e inclusive menos han sido introducidas al mercado lucrativo de exportación. Una de las aspiraciones de la Ley Forestal fue solo el detener el agotamiento de las especies más valiosas y asegurar un uso más intensivo de las especies maderables en menores áreas de corta anual. Esto ha sido exitoso hasta cierto punto: desde 1995 hasta 1999 el porcentaje compuesto por las cinco especies maderables más explotadas ha disminuido de 56 a 43. Al mismo tiempo, el total número de especies comercializadas se ha incrementado de 125 a 205 (Superintendencia Forestal, CFB 2002).

Valores del bosque

Valor de uso directo

El valor de uso directo relaciona al uso humano inmediato de los recursos, como productos comerciales del bosque, pero también incluye a los productos no comerciales o inclusive a los valores no consumativos como la recreación, cuando el bosque es utilizado directamente.

Valor de uso consuntivo

El grueso de los estudios de valoración relacionado con el uso consuntivo del bosque de Bolivia se orienta al valor financiero de los recursos maderables. Un repaso a los estudios se resume en la tabla 4. El valor de la madera ha

Tabla 3: Flujo de madera en 2002, distribuido al tipo de base legal (basado en Superintendencia Forestal 2002, cit. en Pattie *et al.* 2003). Abreviaciones: (1) Tierras comunitarias de origen, (2) Agrupación social del lugar.

	Volumen extraido (m^3)			
Tipo de base legal	Muy valioso	Valioso	Menos valioso	Total
Concesiones	10.852	33.444	177.082	221.378
ASL(1)	3.826	12.625	2.514	18.964
TCO(2)	45	12.195	5.407	17.647
Privado	52.050	138.297	123.742	314.089
Privado comunal	446	7.306	1.951	9.703
Total	67.218	203.868	310.696	581.782

sido analizado en diferentes escenarios de manejo, incluyendo a la forestería privada de gran escala y de concesión, forestería comunitaria y comunal, así como la del colono a pequeña escala. Varios estudios se refieren a las implicaciones financieras de diferentes regímenes de manejo forestal, primariamente investigando las consecuencias del cambio desde la explotación forestal tradicional y extensiva al SFM. Otra área de análisis es el clásico tema del cambio de uso de la tierra, por ejemplo comparando los egresos financieros del bosque, ganadería y producción de arroz. Siendo esta nación la que a nivel mundial tiene más bosque certificado – en 2005 el Consejo de Administración Forestal (FSC, en inglés: *Forest Stewardship Council*) certificó un área de Bolivia que excede a los dos millones de hectáreas – las economías de la certificación forestal también ha atraido interés. Estudios sobre aspectos financieros de productos no maderables son relativamente raros como son los estudios sobre economías de subsistencia de las comunidades que son dependientes del bosque. Finalmente, el valor financiero total de las naciones de los bosques también ha sido sujeto a análisis.

Valoración financiera de los regímenes de manejo forestal

Las especies forestales tienen un tratamiento de manejo tradicional distintivo entre zonas altoandinas y zonas bajas. Una gran parte del manejo forestal altoandino se fundamenta en estructuras comunitarias de larga data (como los ayllus y el control comunal que persiste en varios distritos), mientras que en las tierras bajas la mayor parte son asignadas a reducidos y dispersos mecanismos de manejo familiar o de grupos de comunidades humanas. La madera de varias especies del género altoandino *Polylepis* (Rosaceae) es altamente cotizada como leña y también para quemar carbón en las zonas altas porque no se pudre fácilmente; y aunque algunos individuos presentan troncos retorcidos, también la madera es aprovechada para construcción de viviendas en la zona rural (Fjeldså & Kessler 2004). Los rodales más importantes de estos bosques en Bolivia se encuentran en 66 km^2 en el Volcán Sajama (Braun 1997) en el departamento de Oruro y de 60 km^2 en el oeste del departamento de Chuquisaca (Fjeldså & Kessler 2004). La demanda anual de leña por persona en el Altiplano es de 360-1.000 kg/año o 0.5-1.6 m^3 (Van Dam 1988, FAO 1991) y en promedio es de 1 m^3 por persona por año (Driesch & Kessler 2004), pero solo es satisfecha el 20% de la población total de 1.4 millones de personas en las tierras altas de Bolivia de la demanda potencial de 1.4-2.2 millones de m^3 por año (FAO 1991). Suponiendo una producción de madera de un bosque maduro de *Polylepis* por año en 2-3 m por hectárea (Van Dam 1988) frente a la biomasa total de los bosques de *Polylepis* que varía entre 1.2-2.2 t/ha (Braun-Wilke 1988, Van Dam 1988), siendo los valores más altos en la puna húmeda (Fjeldså & Kessler 2004). Mientras que los requerimientos de madera para construcción se estima en 0.5 m^3/ año por familia (= 0.1 m /año por persona) (Driesch & Kessler 2004). Si se diera un incremento por año de 2.5 m^3 de madera por hectárea y también una producción de carbón derivado en 1 t/ha, entonces se esperaría que el ingreso anual de una plantación o de un bosque manejado en forma sostenible sea de $US 50/ año (Driesch & Kessler 2004).

Independientemente de casos de estudio específicos en la región altoandina y de los cuales se cuenta con reducida información, PROBONA (2002) ha planteado para Bolivia la superposición con áreas de pobreza del área andina y con el estado de conservación de esos bosques por lo que concluye que esos bosques están amenazados por la ampliación de la frontera agrícola bajo prácticas no controladas. Según esa fuente, estos procesos se suman a la producción de carbón vegetal, extracción indiscriminada de madera y leña de uso comercial y el sobrepastoreo.

Tabla 4: Resumen de estudios de valor de uso consuntivo de los bosques de Bolivia.

Fuente	Sitio	Contexto	Tema económico planteado	Métodos	Tipo de datos
Bojanic (2001)	Región norteña amazónica de Bolivia	Concesión forestal	Rentabilidad de concesión forestal, ganadería y producción de castaña Captación de rentas por el gobierno	NPV, análisis de escenario	Primario y secundario
Bojanic (2002)	Bolivia	General	Comercialización de NTFP	Revisión bibliográfica, entrevistas	Primario y secundario
Bojanic & Bulte (2002)	Región norteña amazónica de Bolivia	Concesión forestal	Rentabilidad de concesión forestal Captación de rentas por el gobierno (concesión forestal	NPV, análisis de escenario	Basado en Bojanic (2001)
Davies et al. (2000)	El Choré	Campesinos colonos	Rentabilidad de madera, arroz y producción ganadera Dinámicas económicas de los cambios de uso de la tierra	NPV, análisis de escenario	Primario y secundario
Driesch & Kessler (2004)	Tierras altas de Bolivia	Comunal	Viabilidad económica de plantaciones altoandinas	Revisión bibliográfica	Primario y secundario
Godoy et al. (2002)	Tsimanes, Beni	Familiar y comunal	Contribución económica del bosque al consumo familiar y ganancias	Medida de consumo familiar	Primario
Howard et al. (1996)	Bosque de Chimanes	Concesión forestal	Rentabilidad de regímenes de manejo en concesión forestal gobierno (concesión forestal	NPV, análisis de escenario Captación de rentas por el	Basado en Rice & Howard (1996)
Markoploulos (1998)	Lomerío	Forestería comunitaria	Evaluación de impactos de la certificación forestal	Revisión bibliográfica, entrevistas	Primario y secundario
Merry et al. (2002)	Tierras bajas de Bolivia	Propietarios de tierras privadas a gran escala	Dinámicas económicas de uso de la tierra (de la forestería a la ganadería) Efecto del impuesto de tierras en la ganadería	NPV, programación linear, análisis de escenario	Basado en Pattie & Merry (1999)
Nebel et al. (2003)	Tierras bajas de Bolivia	Forestería comunitaria	Estrategia de negocios Rentabilidad del manejo forestal	NPV, análisis de escenario	Secundario
Nebel et al. (2005)	Tierras bajas de Bolivia	General	Valor de la certificación forestal	Revisión bibliográfica, análisis de precio de mercado	Secundario

Pattie & Merry (1999)	Tierras bajas de Bolivia	Propietarios de tierras privadas a gran escala	Dinámicas económicas de los cambios de uso de la tierra (desde la forestería a la ganadería) Efecto del impuesto de tierras en la ganadería	NPV (valor esperado de tierra), programación linear, análisis de escenario	Primario y secundario
Pattie et al. (2003)	Tierras bajas de Bolivia	Tierras bajas de Bolivia	Rentabilidad de la producción forestal total	NPV, análisis de escenario	Primario y secundario
Ramírez (2004)	Guarayos	Concesión forestal	Comercialización de madera desde operación forestal comunitaria	Revisión bibliográfica, entrevistas	Primario y secundario
Soto (1997)	Cochabamba y Santa Cruz	General	Precio de madera en diferentes estados del cambio de mercado	Revisión bibliográfica, entrevistas	Primario

En tierras bajas, Bojanic (2001) y Bojanic & Bulte (2002) valoran la producción maderera en Bolivia (en el departamento de Beni y sectores de los departamentos de Pando y La Paz) en relación a la forestería concesionaria. Ese estudio presenta un análisis de los cambios que siguieron a la Ley Forestal de 1996, requiriendo concesionarias para implementar las prácticas SFM. En su escenario base (una rotación de 20 años, precios de 1999, incremento del 1% por año y una relación de descuento de 17%) muestran que pese a que el SFM mantiene un NPV positivo (para una rotación) de 49 $US/ha el nivel es considerablemente menor que cuando se retorna a los sistemas convencionales de explotación forestal ($US 83/ha). Bojanic (2001) provee de valores netos para especies económicamente importantes incluyendo a la mara (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela* spp.) y roble (*Amburana cearensis*) de $US 126, 80 y 49/$m^3$, respectivamente, asumiendo un 25% de beneficio normal. Especies menos valiosas como tajibo (*Tabebuia* spp.) y sangre de toro (*Virola sebifera*) se ha reportado que producen valores netos negativos de $US -46 y -12/$m^3$, respectivamente. Dependiendo de condiciones de mercado futuras para especies menos conocidas y el desarrollo de precios se concluye que la rentabilidad de la forestería comercial disminuirá aproximadamente en 25-80%, como una consecuencia de implementar SFM.

Rice & Howard (1996) analizaron un caso de estudio en el departamento de Beni en una concesión forestal representando a diferentes niveles de extracción desde 2.400-8.400 m^3/año en una concesión de 55.000 ha. Ambos escenarios difieren en el nivel de depreciación de cosecha y en la maquinaria fresadora. El estudio muestra cómo el elevado valor de la mara –combinado con los bajos costos en establecer infraestructura– provee un incentivo racional para concesionarios en abrir nuevas áreas más que en intensificar la cosecha de especies menos valiosas de áreas ya abiertas. En Howard *et al.* (1996) el anterior modelo se extiende a 50 años en cuatro escenarios, integrando efectos ambientales desde las operaciones de cosecha y la construcción de infraestructura. La conclusión es que pese a que la utilización es más intensiva y de más especies resultará en una rentabilidad sobre normal, ya que no hay incentivos para frenar el agotamiento de la mara.

Un número de autores trata sobre diferentes aspectos económicos de transferencia del anterior estado forestal a las comunidades indígenas y establecimiento de TCOs. Rice (1998) analiza cuatro escenarios alternativos para la TCO de Lomerío (departamento de Santa Cruz) bajo tres regímenes de manejo: 1) Cosecha con un mínimo de diámetro fijo, 2) Una explotación forestal más selectiva y 3) Una explotación forestal selectiva de solo las especies más valiosas (práctica tradicional). Hasta 17 especies están sujetas a cosecha. Cada régimen es analizado bajo diferentes supuestos en relación a la distribución entre mercados nacionales y de exportación, así como el número de especies incluido en la cosecha. Se asume que la madera es procesada por el aserradero de Lomerío. El valor neto de la madera aserrada varía de 13 a $US 8/$m^3$ para el cedro y roble, respectivamente, hasta $US -45/$m^3$ para especies menos valiosas como morado (*Machaerium scleroxylon*) y soto (*Schinopsis brasiliensis*). El autor asume que un horizonte de 30 años, una proporción de descuento del 25%, precios de 1996/1997 y un nivel de cosecha fija anual. Un espectro amplio de cosecha (todas las 17 especies) para el mercado doméstico solo produce NPV negativos, mientras que cuando aproximadamente la mitad de las especies puede ser comercializada en el mercado internacional el NPV llega hasta $US 7/ha. Mejores resultados son obtenidos al enfatizar solo al curupaú (*Anadenanthera macrocarpa*) para mercados de exportación ($US 24/ha). El mercado de madera ilegal en la región se encuentra por declarar una presión hacia abajo sobre los precios de madera, resultando en un pobre desempeño al producir para el mercado nacional. Este efecto sobre la explotación forestal

ilegal ha sido mencionado por varios autores (Davies *et al.* 2000, Ramírez 2004).

Nebel *et al.* (2003) trató a las opciones estratégicas de la TCO Guarayos (departamento de Santa Cruz) en términos de una integración aguas abajo vertical (cadena de valor agregado de la producción maderera) y una integración de negocios horizontal (a escala competitiva). Un marco analítico es presentado para la cadena de producción maderera. Tres escenarios de integración aguas abajo son analizados: 1) Venta vertical de madera, 2) Tala y extracción de madera, y 3) Producción de madera aserrada. Se aplicó un horizonte de 20 años, una relación de descuento de 20% y un nivel de cosecha anual fija. Para los tres escenarios, el estudio encuentra promedios de NPV/ha de 27, 33 y 50/135 $US. En el tercer escenario se obtuvieron $US 50 en base a un aserradero portátil y $US 135 basado en un aserradero estacionario. Los autores argumentan que las comunidades deben optar por una integración aguas abajo vertical para captar oportunidades de empleo y réditos económicos tantos como negociar con imperfecciones de mercado (p.e. aquellas como la explotación maderera ilegal). Ramírez (2004) provee de un detallado estado de cuentas del mercado potencial y de los factores económicos que referencian la comercialización de la producción de madera en la TCO Guarayos.

Algunos análisis económicos respaldan al flujo de ingresos en la sociedad para perspectivas locales, nacionales y globales, p.e. mediante el análisis de la cadena de abastecimiento. Min & Zhou (2002) definen a esta cadena como "*un sistema integrado que sincroniza una serie de procesos de negocios interrelacionados*" y su objetivo es llegar a "*mejorar la eficiencia operacional, rentabilidad y posición competitiva de la compañía y sus socios en la cadena de suministros*". Basado en un estudio de cuestionario, Soto (1997) compiló datos de precios para siete especies maderables mayores en los diferentes pasos de la cadena de suministros desde la cosecha hasta el precio al por menor de la madera aserrada en una ciudad principal. Este estudio muestra el incremento del valor de 620%, 1.320% y 1.290% para mara, cedro y roble, respectivamente.

Estudios más amplios sobre el sector forestal de Bolivia – aparte de las estadísticas anuales compiladas por la Cámara Forestal de Bolivia – son raros. Bojanic (2001) plantea un análisis holístico de la economía forestal de la región norteña amazónica. Este estudio será mencionado más adelante. Un reciente estudio de Pattie *et al.* (2003) estima el valor financiero total de la forestería boliviana basada en su producción potencial de madera SFM. Los productos forestales no maderables y el valor de uso de subsistencia no son incluidos. El promedio NPV/ha es de $US 5.57, pero varía sustancialmente dependiendo del sitio. El valor promedio más elevado se encuentra en la región de la Chiquitanía ($US 16/ha) y el menor en la región del Bajo Paraguá ($US -3.65/ha). El estudio es basado en datos de 101 planes de manejo forestal que cubre 4.3 millones de hectáreas y un gran número de entrevistas para obtener precios actuales de madera. La estimación se basa en un horizonte de 10 años, precios de 2002/2003 y una relación de descuento del 10%. Aproximadamente el 25% de las operaciones forestales muestra un NPV/ha mayor a $US 10, pero más del 50% de las operaciones corren a un NPV negativo. Las dos variables más significativas que determinan rentabilidad son los costos de transporte y la eficiencia de las operaciones.

Un hallazgo consistente en los estudios revisados es la mayor rentabilidad de los regímenes de cosecha enfocados en unas pocas especies altamente valiosas, comparado con la prescripción de cosecha de SFM que involucra a la corta en un amplio rango de especies menos valiosas. Los estudios revisaron mucho más que el tema central de desarrollar modelos de manejo que aseguren la sostenibilidad ecológica así como la financiera a largo plazo.

Certificación forestal

Uno de los temas que a menudo es referido en relación a la certificación es si es posible obtener un bono significativo de precio que sea suficiente para cubrir los costos de certificación. Markopoulos (1998) y Nebel *et al.* (2005) consignaron al significado económico de la certificación forestal. Los costos iniciales directos de la certificación en el caso del proyecto de manejo forestal en la comunidad de Lomerío (30.000 ha) fueron estimados en $US 1.58/ha (Markopoulos 1998). Sandoval (2000) estimó el costo de certificación directa por un promedio de $US 0.18/ha/año. En el caso de Lomerío un bono significativo de precio fue obtenido en las etapas iniciales hasta cuatro veces los precios domésticos en Bolivia (Markopoulos 1998). En general un bono de precio de 83 y 75% fue reportado para calidades de primera y segunda para troncas (Hanrahan *et al.* 1997). En un estudio del Mercado de exportación de Bolivia Nebel *et al.* (2005) identificaron un bono de precio del 5-51%, basado en cuadros de ventas desde 2000-2001 y fue concluido que el premio de precio ha sido al menos compensado a las empresas forestales por los costos directos de certificación. Los autores advirtieron que los premios de precios podrían desaparecer cuando se estabilice el mercado para la madera certificada.

Cambios en el uso de la tierra

Como en muchos otros países tropicales, los recursos forestales de Bolivia están muy determinados por la creciente frontera agrícola. Aproximadamente 200.000 ha de bosque son anualmente convertidas de bosque a tierras agrícolas y de pastoreo. Una de las causas subyacentes para este desarrollo es el bajo valor financiero de la producción forestal. Pattie & Merry (1999) calcularon el precio potencial de la edad del tocón –este precio es el valor de la madera mientras está en pie en el bosque– al reducir los precios de venta en el mercado (70% de exportación y 30% en el mercado nacional) por la extracción actual y los costos de la fresadora para alcanzar valores de $US 184/$m^3$ (morado) sobre $US 131-81/$m^3$ (mara, cedro y roble) hasta $US 73-11/$m^3$ para especies valiosas y menos conocidas. En base a grados variables de obtención de esas ganancias potenciales a través de un modelo de programación linear se utiliza el análisis de los cambios de bosque a pasturas en casos de estudio teóricos de 2.000 ha en seis sitios diferentes con bosques altamente productivos de las tierras bajas de Bolivia. Se concluye que la deforestación no se desarrollará si los precios potenciales de la edad del tocón alcanzan el 55-65% de su máximo.

Basado en la programación linear, Merry *et al.* (2002) demostraron cómo al incrementar los precios de tocones inducen a la conversión de bosques a pasturas bajo un sistema basado en SFM. Hasta cierto nivel en que se incrementan los ingresos de las operaciones forestales será usada la conversión de tierras en pasturas. Cuando el precio de tocón se incrementa hasta $US 6/ha se muestra una creciente conversión de 500 ha en casos de estudio. Los precios de tocones entre $US 6-9/ha hacen que las tasas de conversión disminuyan, mientras cuando son mayores a $US 9/ha no dejan incentivos para convertir tierras de bosque productivo en pasturas.

Davies *et al.* (2000) se refirieron al tema de integrar la producción de madera en una economía de agricultores colonos. Un análisis grosero de un método de colección de datos participatorios es utilizado para producir un análisis de costo-beneficio de una alternativa de manejo forestal para una comunidad de colonos en El Choré (departamento de Santa Cruz). El NPV es calculado para bloques de bosque de 10 ha manejados en 20 años y con una tasa de descuento entre 10-25%. El NPV varía desde $US 190 a 74/ha. A similares tasas de descuento, la ganadería produce un NPVs en el rango de $US 460-300/ha en un periodo de 10 años y la producción de arroz tuvo un

más elevado NPV. Los autores argumentan que la forestería es una actividad de menor rédito y de mayor riesgo, considerando la perspectiva de tiempo y la dependencia de las condiciones locales de mercado.

Especies forestales no maderables y uso de subsistencia

Los productos forestales no maderables (PFNM) andinos de Bolivia son utilizados mayormente para las categorías artesanales, medicinales, tintóreas, construcciones tradicionales y en sistemas agroforestales (Tabla 5). Mientras entre las especies amazónicas de Bolivia con mayor importancia se tiene a las siguientes: castaña (*Bertholletia excelsa*), palmito de asaí (*Euterpe precatoria*), hojas de jatata (*Geonoma deversa*), cacao silvestre (*Theobroma cacao*), caucho natural (*Hevea brasiliensis*), aceite de cusi (*Attalea speciosa*), aceite de motacú (*Attalea phalerata*) y una gran variedad de frutos tropicales. La castaña y el palmito de asaí son aproximadamente el 20% del valor de exportación del sector forestal (Bojanic 2002). Un número de publicaciones refieren al uso de NTFP (Norheim 1996, Ponz 2005), pero muy pocos de estos evalúan el valor económico de sus beneficios forestales. El NTFP más importante de Bolivia es la castaña. Bojanic (2001) plantea un ejemplo de 30.000 ha, donde el beneficio neto para el propietario es de $US 21.750/año, equivalente a $US 1.4/ha/año que es igual al valor esperado de $US 6.9/ha con una tasa de descuento del 20%.

Godoy *et al.* (2002) analizan los beneficios financieros locales del uso del bosque Bolivia y Honduras. En dos comunidades Tsimane de Bolivia (departamento de Beni) los bienes biológicos del bosque se cuentan como la mitad del valor total del consumo familiar en un valor estimado de $US 6/ha/año. Las plantas se incluyen en aproximadamente el 16% del consumo. El valor anual de la venta de productos forestales es de aproximadamente $US 1/ha. Un valor total estimado de $US 7/ha excedió al valor promedio de la producción de madera forestal que ha sido estimada en $US 5.57/ha (Pattie *et al.* 2003).

Un estudio sobre los beneficios no maderables fue realizado en la zona norte de Lomerío en 1996 (Vallejos *et al.* 1996). El valor grueso de los productos forestales obtenidos por las comunidades en un periodo de tres meses alcanzó aproximadamente a $US 2.500, equivalente a $US 271 después que el costo de

Tabla 5: Productos forestales no maderables andinos de Bolivia (basado en CDC 1993). Abreviaciones: A = artesanía, B = construcciones tradicionales, C = curtiembres, D = sistemas agroforestales, G = goma, M = medicina, T = tintes, Z = alimenticia.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Usos
Quishuara	*Buddleja sp.*	Buddlejaceae	A,B,D,M,T
Queñua	*Polylepis spp.*	Rosaceae	A,B,C,D,M,T
Mutuy	*Cassia sp.*	Leguminosae	A,B,D,M,T
Chachacomo	*Escallonia spp.*	Saxigrafaceae	A,B,D,M,T
Capuli	*Promus serotia*	Rosaceae	A,B
Sauco	*Sambucus peruviana*	Caprifoliaceae	A,M,T
Tara	*Caesalpinia spinosa*	Leguminosae	A,B,C,D,M,T
Molle	*Schinus molle*	Anacardiaceae	A,C,D,M,T
Hurango, Algarrobo	*Acacia macracantha*	Leguminosae	A,B,D,G
Mistol	*Ziziphus mistol*	Rhamnaceae	Z,M
Coco, Chirimolle	*Fagara coco*	Rutaceae	B,M
Sauce	*Salix humboldtiana*	Salicaceae	A,B,C,D,M,T

recolección fue considerado. Los mayores productos son combustible, carne de monte y miel.

Los estudios demuestran que los NTFP contribuyen significativamente a los beneficios financieros de los bosques, a veces incluso como producto principal y por lo tanto no deberían ser excluidos cuando se compara a la forestería con otro tipo de usos de la tierra. En general, los estudios revisados sobre valor de uso consuntivo aplican horizontes de tiempos relativamente cortos y aparentemente elevadas tasas de descuento, considerando a la perspectiva de tiempo de las operaciones forestales. Esto puede conducir a una subestimación del NPV y un énfasis en ganancias a corto plazo. Una comparación de los niveles de rentabilidad estimados en los estudios sobre producción maderera es muy difícil. Los estudios aplican suposiciones y regímenes de manejo muy diferentes, por lo que son altamente dependientes en cada caso. Además, estos estudios rara vez mencionan al valor previsto ni a las características del bosque que al final del horizonte de planificación podrían tener un impacto significativo en la evaluación de los regímenes de manejo, por lo menos desde un punto de vista nacional. Hay una profunda necesidad de realizar estudios que indiquen los efectos económicos a largo plazo de las prácticas actuales de extracción maderera.

Muchos autores llamaron la atención sobre la importante pérdida de oportunidades financieras debida a la ausencia de experiencia en el manejo de las operaciones forestales de las autoridades de las comunidades (Davies *et al.* 2000, Nebel *et al.* 2003). No se ha encontrado ningún estudio que compare el desarrollo de operaciones. La única indicación es el estudio de Pattie *et al.* (2003) que presenta a la variedad en la rentabilidad de operaciones. El valor del bosque depende profundamente de la efectividad de los operadores privados y comunales y de los estudios que se desarrollan actualmente podrían proveer de metas para enfatizar esfuerzos del sector en un manejo más eficiente.

Otro tema giratorio son los efectos en la distribución social del mercado de madera ilegal ampliamente distribuido (Cordero 2003). Un análisis socio-económico de los efectos de distribución relacionados a la imperfección del comercio de madera podría documentar el efecto ambiental hacia debajo de los derechos propietarios pobremente definidos y del insuficiente control público. La presente condición socava a la rentabilidad de la producción maderera, especialmente para propietarios pequeños y pobres, además que conduce a una acelerada conversión del uso de la tierra y descuida a los beneficios potenciales obtenibles de los recursos forestales.

No consuntivos

Solo unos pocos estudios refieren al valor directo de uso no consuntivo de los bosques de Bolivia, que probablemente resulta del histórico menor uso y demanda de estos atributos, como el valor científico y educacional y el bosque como un destino recreativo. Sin embargo, esta tendencia puede ser que esté cambiando como se explica a continuación.

Ecoturismo

Parte del valor total sujeto a los recursos forestales derivan del valor recreacional potencial que poseen. En Bolivia, el ecoturismo es una industria rápidamente expandida que se ha duplicado desde 1999 hasta 2002 de 35.000-70.000 visitantes (Robertson & Wunder 2005). El objetivo principal de promover ecoturismo es ilusión dual que puede mejorar el sustento de vida mediante ingresos crecientes y simultáneamente crear la voluntad local de conservar áreas protegidas. Varios ejemplos de ecoturismo se tienen en Bolivia. Como muchas iniciativas de ecoturismo tienen el alcance de beneficiar a las comunidades locales,

el valor económico del bosque en este sentido a menudo es presentado en términos de ingresos ganados por las comunidades involucradas. La tabla 6 presenta un extracto de ejemplos provistos por Robertson & Wunder (2005) sobre las iniciativas de ecoturismo en Bolivia. Es importante notar que el ingreso grueso anual ganado de las visitas de turistas no corresponde por si mismo en una medida real del valor recreacional del bosque. Pues se debe considerar también temas como el número de familias que comparten los ingresos, los costos operativos, los costos de oportunidad al conservar el bosque y las oportunidades para ingresos adicionales. Es valioso mencionar que lo anterior corresponde al valor comercial del ecoturismo. El valor no consuntivo podría ser mucho más alto si se hubiera incluido a la utilidad de los turistas (asumiendo "su voluntad de pagar", WTP, en inglés: *willingness-to-pay*) es mayor al precio ganado por la comunidad local, al menos por algunos de ellos. Sin embargo, siendo que los turistas son mayormente extranjeros y consecuentemente no deberían ser incluidos en el valor económico nacional. Este tema es discutido en el valor total, más adelante.

Valor de uso indirecto

Los valores de uso indirecto de la forestería son los valores relacionados al bosque, pero no extraidos ni son directamente usados, por ejemplo los valores de protección ambiental como la protección de cuencas hídricas, mantenimiento de la fertilidad del suelo y la captura de carbono. Uno de los valores de uso indirecto más importantes en Bolivia es la protección de las cuencas hidrográficas andinas y la prevención de inundaciones en las tierras bajas. Esos valores son a menudo difíciles de cuantificar pese a que son importantes en orden para indicar el valor del desarrollo montano; asignar recursos de desarrollo para programas de protección de cuencas; apoyo en el análisis y diseño de incentivos apropiados para uso de la tierra para usuarios locales, evaluación de problemas de distribución (Richards 1997). Los principales problemas al valorar los programas de protección de cuencas se dan debido a los beneficios más importantes como tales iniciativas que no tienen un valor comercial directo. Algunos de esos beneficios son denominados externalidades porque son

Tabla 6: Ejemplos de bosques utilizados para ecoturismo en Bolivia y las ganancias anuales logradas de visitas de turistas por las comunidades involucradas (basado en Robertson & Wunder 2005).

Nombre del proyecto	Localización	Vistas de interés especial	Comunidad involucrada	Ganancia anual lograda por la comunidad ($US) en 2003
Refugio Chalalán	Parque Nacional Madidi	Lagunas y excursiones al bosque	San José de Uchupiamonas (600 habitantes)	323.95
Ecoturismo indígena Mapajo	Tierra Comunitaria de Origen y Reserva de la Biosfera Pilón Lajas	Paseos culturales, excursiones al bosque y canotaje en ríos	Asunción de Quiquibey (26 familias)	83.28
La Chonta	Parque Nacional Amboró	Excursiones al bosque y paseo en caballo	La Chonta (13 familias)	6.862
Parque La Yunga	Parque Nacional Amboró	Excursiones en cueva de helecho gigante protegido	La Yunga (35 familias)	>1.000

externos al sistema de mercado. Además, el bienestar y las consecuencias ambientales están a menudo fuera del área, por ejemplo corriente abajo. Richards (1997) argumenta que hay una necesidad urgente para estudios de caso con propuestas pragmáticas que sean comprensibles para los tomadores de desición y que enfoquen en la valoración de beneficios más locales y ambientales tangibles.

Ellis-Jones & Mason (1999) estudiaron el beneficio a los campesinos locales de los valles interandinos del departamento de Cochabamba, derivado la conservación de suelos. Al adoptar tecnologías de conservación consistentes en barreras vivas y cubiertas en los cultivos, los campesinos podrían esperar en 10 años un NPV entre $US 25.362 (a una tasa de descuento del 5%) y $US 6.536 (al 25%). La viabilidad de este esquema fue encontrada para ser alcanzada solo para aquellas familias con bajas tasas de descuento, que excluyeron a la fracción más pobre y solo en casos donde la iniciativa de conservación resultó en un elevado incremento de la producción. El hallazgo es por lo tanto no directamente comparable con el valor de establecer bosque como protector del suelo ya que el bosque inevitablemente ocupará tierra disponible de las actividades agrícolas. Sin embargo, esto indica algo sobre el valor ambiental potencial de los bosques como muchos de los beneficios de barreras vivas que también se aplican a bosques y áreas arbóreas: por ejemplo, la reducida erosión de suelos, protección de daño por tormentas, material disponible para hierbas y forrajes, incremento de humedad en el suelo y de material orgánica, así como de productos no maderables para consumo familiar.

Otro ejemplo del valor de protección de cuencas en el departamento de Cochabamba fue realizado por Richards (1997), donde el Programa de Manejo Integrado de Cuencas (PROMIC) en la cuenca de Taquiña fue considerado como estudio de caso. El encontró que los mayores beneficios del programa son: a) Incremento de ingresos familiares campesinos en la cuenca superior; b) Prevención de inundaciones; e c) Incremento de la disponibilidad de agua. El estimó que el NPV (calculado en 50 años) será entre aproximadamente $US 26 y 34 millones. Por comparación, Southgate & Macke (1989) encontró que el valor actual neto de la protección forestal en las tierras altas andinas de Ecuador está entre $US 11-15 millones solo para el esquema hidroeléctrico Paute.

Al usar el método de valoración contingente, Vargas (2004) estimó al WTP para la estabilización de aguas y la calidad de aguas en la divisoria Los Negros, que parcialmente pertenece al Parque Nacional Amboró, en el departamento de Santa Cruz. Ella encontró que los campesinos en las comunidades de Los Negros y de Santa Rosa podrían pagar en promedio $US 10.32/año para conservar el agua y agregando al número total de familias en esa divisoria hidrográfica alcanza a $US 12.487/año. Al asumir que el costo de oportunidad de las comunidades al dejar el bosque *in situ* en aproximadamente $US 3/ha/año, ella estima que el WTP agregado para conservar el agua puede ayudar a proteger cerca de 4.000 ha de divisoria forestada por año. En la misma divisoria hidrográfica de Los Negros, la ONG Natura inició en 2002 un trabajo con comunidades para crear un acuerdo en que la comunidad aguas abajo de Los Negros pagara a los campesinos aguas arriba de Santa Rosa para proteger una parte de su bosque. Las negociaciones condujeron a un acuerdo en que los propietarios de tierras en Santa Rosa, quienes acordaron dejar de lado cada año 10 ha de bosque primario para conservación y a cambio ellos recibirían una colmena de los habitantes de Los Negros. Al usar el valor de una colmena para representar el valor de conservar 10 ha de bosque primario, Robertson & Wunder (2005) estimó el valor actual neto entre $US -15.25 /ha (valor negativo) y $US 12.66/ha.

En otro estudio de caso de Bolivia de la Reserva Biológica Sama en el departamento de Tarija, Robertson & Wunder (2005) usaron

también el método de valoración contingente en la ciudad de Tarija para medir la voluntad de pagar de los consumidores de agua por la protección de divisoria hidrográfica. Los resultados muestran que cada familia urbana desea pagar en promedio $US 15 anualmente, siendo el pago de la población urbana total la suma de $US 381.026 anualmente. El WTP total de residentes rurales fue de $US 1.031.998 y considerando los costos de oportunidad, calcularon que el valor total del servicio ambiental provisto por la protección de la vegetación fue de $US 259.115/año.

A menudo no solo se ha interesado en identificar estas externalidades, sino también de incluir iniciativas regulativas como impuestos o subsidios. Para algunos valores de uso indirecto – como secuestro de carbono – ha sido creado un mercado artificial. Bajo el Protocolo de Kyoto (de la Red de Naciones Unidas-Convención de Cambios Climáticos) aquellos países que ratificaron el anexo 1 de partes están comprometidos a reducir sus emisiones de gases invernadero hasta 2008-2012. El Protocolo al Mecanismo de Desarrollo de Limpieza (CDM), que permite en el anexo 1 de las partes compensar sus emisiones al financiar la mitigación en la emisión de carbono y proyectos de secuestro, incluyendo a la forestería de países en desarrollo (UNFCCC 1997, 2001). De esta forma, se internalizan las externalidades que corresponden a la polución de gases invernadero. Uno de los primeros proyectos de carbón forestal fue iniciado en Bolivia durante 1997 y fue el proyecto de Acción Climática del Noel Kempff Mercado (NKMCAP), que fue la expansión en 634.000 ha del existente Parque Nacional Noel Kempff, siendo originalmente de 889.446 ha hasta 1.523.446 ha. Los beneficios ambientales de esta expansión no solo yacen en el secuestro de carbono, sino también en la incrementada protección de biodiversidad y ambas procuran reducir la deforestación. No se han realizado intentos para valorar estos beneficios Un estudio hecho por Asquith *et al.* (2002) quienes enfocaron a los impactos del proyecto en las comunidades locales, mencionan que el costo total del proyecto de $US 9.5 millones (en 2002), $US 1.6 millones fueron destinados a adquirir la parte de concesionarios, $US 67.000 para comprar propiedades privadas y $US 1.25 millones fueron usados para proyectos de desarrollo de la comunidad. Si consideramos en forma aislada a la función de acumulación de carbono atribuida a la expansión del Parque, se realizaron varios cálculos. Brown *et al.* (2000) plantearon que 1.5-2.5 Mt de carbono serían protegidos por encima del periodo del proyecto durante 30 años, mientras que Robertson & Wunder (2005) mencionaron que esto podría ser sobreestimado. Otra estimación es realizada por Angeleri (2005) en un análisis financiero del NKMCAP. De acuerdo con su estudio, aproximadamente 4 Mt de carbono serán almacenados en el área de expansión durante el periodo del proyecto. Al usar los datos presentados del flujo de ingresos en ese estudio, de la venta de créditos de carbono durante los 30 años del proyecto, calculamos el valor presente de esa cantidad en cerca de $US 8 millones (por el uso del precio de carbono de $US 7/t$CO_2$) –como una estimación realística– y $US 39 millones, desde un punto de vista optimista. Por lo tanto, el precio de venta del almacenamiento de carbono pr hectárea será entre $US 13 y $US 63. Como Angeleri (2005) también discute, esto incrementa considerablemente a la rentabilidad total de las actividades forestales.

Estimaciones similares fueron realizadas por otras propuestas para proyectos forestales de carbono en Bolivia. Al establecer 10.000 hectáreas de plantaciones de árboles en el Chapare, se ha estimado que podrían ser capturado en más de 30 años 0.9 Mt de carbono (Robertson & Wunder 2005). Otras dos propuestas de proyectos de carbono del Chapare estiman al valor de carbono capturado en más de 30 años como sigue: El primero estima un valor de $US 400-800/ha para 3.1 Mt

de carbono capturado en un total de 10.000 ha de bosque secundario y el segundo asume que el valor de 10 Mt de CO_2 capturado en 25.000 ha de bosque primario puede estar alrededor de $US 320-560/ha (ambos asumen el precio de cerca de $US 2.4 por tonelada de carbono). Finalmente, una propuesta de proyecto en las tierras altas de la provincial de Inquisivi demanda que evitará la pérdida de 2.3 Mt de carbono por deforestación en más de 31 años, sin embargo no se realizaron cálculos sobre el valor (Robertson & Wunder 2005). En una mayor escala al final de los estudios realizados en el valor de las funciones de almacenamiento de carbono en los bosques, Lopez (1997, cit. en Emerton 2003) hizo una suposición aproximada que al proteger permanentemente 650 millones de hectáreas del bosque amazónico para secuestrar carbono, los beneficios globales podrían ser tan valiosos como $US 70 billones.

Valores de no uso

El valor de no uso no está relacionado al uso en sí. Incluye un valor de existencia, que se refiere al valor asignado al bosque por su mera existencia. Para mucha gente que tiene sus necesidades básicas satisfechas, es de gran valor conocer que la naturaleza existe y que necesitamos protegerla por su propio bien. Por lo tanto, el valor económico no es el valor del bosque en si, sino el valor debe ser conocido por la especie humana que existe. Los valores intrínsecos pueden ser parte de esto. Los valores de opción se refieren a la posibilidad que en el futuro podríamos valorar más a los bienes de lo que son ahora. Por ejemplo, puede darse la posibilidad de usar los valores del bosque más en el futuro de lo que hacemos hoy en día. Por lo tanto, el valor de opción fuere referirse a los valores de uso y de no uso. Los valores de existencia y de opción serán cubiertos en lo siguiente: Aparte de esto, son relevantes el valor legado y el altruismo. El altruismo surge de nuestra preocupación sobre la disponibilidad de bienes que tenemos ahora par alas generaciones futures y el valor de legado deriva de nuestra inquietud por dejar la opción de usar bienes a las generaciones futuras (Bateman *et al.* 2002). Si bien su valor es reconocido, muy pocas veces es estimado en forma separada, debido a que es difícil medirlo.

Valor de existencia

Los valores de existencia no pueden ser comercializados y es difícil imaginar la creación de mercados artificiales, como para el CO_2. Pero en orden para estimar su tamaño, pueden desarrollarse estudios de valoración. Aquí es estimada la voluntad de pagar (o aceptar) por determinado bien (p.e. preservación de cierto tipo de bosque o de especie). Métodos de preferencia evidente analizan el comportamiento actual y siendo que a menudo es relacionado con el bien (por ejemplo un parque nacional) no cubrirá al valor de existencia.

Los valores de existencia son muy estudiados en USA y más recientemente en otros países desarrollados. Existen algunos estudios del valor económico de bienes no comerciales en países en desarrollo, especialmente en Costa Rica (Barton 2002, Hearne & Salinas 2003), pero en muchos lugares se detendrán con la descripción y cuantificación de los beneficios.

El caso boliviano sobre la indicación del WTP es el de Buena Vista, al norte del Parque Nacional Amboró. El ornitólogo y conservacionista Robin Clark ofreció pagos continuos y contingentes a su directo vecindario para conservar al bosque remanente, en lugar de talarlo para la producción de arroz. Clark procuró preservar a la biodiversidad, debido a su interés personal y porque es propietario de un pequeño alojamiento para observadores de aves (Robertson & Wunder 2005). Aunque ningún valor directamente puede ser esperado que él haya tenido un interés comercial (debido al alojamiento) y otro personal en el valor del bosque (y sus aves). Como también en este

ejemplo, el valor de existencia es difícilmente diferenciable del valor de uso, pero a veces puede ser posible de aislarlo indirectamente, al estimar ambos valores – de uso y existencia – juntos y luego separar los estimados del valor de uso (por ejemplo, en base a los métodos de costos de viaje). Consecuentemente, la diferencia debe ser debida a otros elementos, por ejemplo al valor de existencia.

El caso de Buena Vista corresponde al WTP de una sola persona, pero naturalmente el valor socio-económico depende de toda la sociedad con todos sus diferentes valores individuales aplicados a determinados bienes. El asunto natural surge en definir a esta sociedad. Tradicionalmente definimos al país o a la provincia como una sociedad relevante. Para bienes globales (p.e. el patrimonio mundial) puede ser argumentado que la comunidad mundial es la sociedad relevante, dado que mucha gente de los países desarrollados depende de un gran valor de existencia – como por ejemplo del bosque tropical! Pero siendo que no son la población relevante para pagar por la preservación (o de ingresos perdidos para preservar en lugar de explotar) es irrelevante para un contexto económico nacional o regional. Este tema es frecuentemente discutido (ver Navrud 2002).

Estimaciones del valor de existencia pueden ser utilizados en análisis de costo – beneficio de ciertas iniciativas o en un contexto político para enfatizar un valor que existe y que es relevante para el público, aunque no sea comercializado. Si se estiman los bienes y son usados con la necesaria cautela, pueden ser incluidos en una matriz de estado contabilidad social (MCS) (Marcoullier & Stier 2005) – luego ver en valor total - o como herramienta en otros estudios de evaluación de proyectos.

Valor opcional

Como ya se ha mencionado varias veces, el tiempo es un importante componente cuando se habla sobre economía, debido a la idea que el crecimiento en la sociedad es la fuerza motora y por ello se postergan actividades y así el ingreso tiene un costo. Al no posponer ingresos pueden ser éstos invertidos en otras actividades de las cuales podemos tener ganancias, pero a veces adquirimos experiencia con el tiempo y esa es la base para hablar sobre valores de opción. Consideremos una inversión de la cual podamos ganar o perder. Si al postergar una decisión mañana sabremos con seguridad si perderemos o ganaremos, por lo que será de mayor valor esperar a tomar la decisión. Esto se denomina valor de opción y está estrechamente relacionado con la incertidumbre.

Muchas opciones reales son relacionadas con el sector forestal. Un ejemplo puede ser que vemos potenciales en encontrar nuevas medicinas de ciertas plantas en los bosques naturales, aunque todavía no lo sabemos hoy en día. Este potencial u opción tiene un valor, aunque no sepamos con seguridad si llegaremos a usarlo. Otros ejemplos pueden ser las áreas de bosque cercanas a ciudades que no están actualmente utilizadas para recreación, pero si las sociedades crecieran más ricas, podrían contener un elevado valor recreacional o más mercados relacionarían esos valores de opción (p.e. al comercializar nuevos productos). A nuestro conocer, ningún estudio específico se ha realizado en el sector forestal de Bolivia en que se analicen específicamente los valores de opción.

Un interesante estudio podría ser el analizar los valores de opción al postergar la cosecha de las especies maderables menos valiosas actuales, debido a la posibilidad que podrían ser más valiosas en el futuro. La economía de especies menos valiosas es altamente influenciada por los costos de transporte debido a las grandes distancias y a la reducida infraestructura disponible en Bolivia. El panorama de una infraestructura mejorada en el futuro puede influenciar también en la toma actual de la toma de decisiones para el sector forestal. Como se vio, mucha de la discusión del SFM ha sido basada en la rentabilidad de

incluir a la cosecha de especies menos valiosas, pero hasta el momento ningún estudio ha aplicado una perspectiva del valor de opción en esta problemática, considerando las expectativas del desarrollo de mercados futuros.

Valor total

El valor económico total – como también fue ilustrado en la tabla 1 – es la suma de todos los anteriores aspectos mencionados, es decir, valores en la sociedad que incluyen a los valores no monetarios. La unidad que atendemos es a menudo la economía nacional, pero esto va a depender del alcance de un determinado estudio. En esta sección discutiremos en cómo se pueden realizar comparaciones dentro de la economía nacional.

El sector forestal en la economía nacional

El sector forestal provee de beneficios para la sociedad. En términos económicos, es la suma de todas las anteriores formas mencionadas de valores (tabla 2). A menudo el producto interno bruto (PIB) es usado como una medida para el valor comercial. Al aplicarlo, encontramos que el sector forestal representa el 3% del PIB de Bolivia (FAO 2003) y que contribuye en el 11% de las exportaciones nacionales y genera 90.000 puestos de trabajo (STCP 2000). Pero naturalmente es más detallado, por ejemplo puede ser de interés conocer el beneficio desde dónde y cómo se desarrolla. Los procesos políticos generan cambios en la economía y es interesante analizar las consecuencias de los cambios políticos o en la disponibilidad de recursos. Esta es la base para un análisis del impacto del sector forestal en el bienestar económico.

Una alternativa es analizar el impacto económico total al aplicar la matriz de contabilidad social (MCS), que fue realizado por Bojanic (2001) para una parte de la Amazonía de Bolivia. El MCS es una matriz que muestra los nexos entre flujos de la economía y consecuentemente es útil para analizar los patrones de distribución; las columnas muestran los gastos y las filas corresponden a los receptores de cada cuenta, p.e. industria, trabajadores y otros. Esta estructura es útil para analizar los efectos entre partes de la sociedad y para analizar las consecuencias de los cambios de un factor sobre los demás factores. Bojanic (2001) aplica el MCS donde enfatiza específicamente sobre diferentes grupos de familias (dependiendo de su pobreza) y luego incluye a los factores ambientales (CO_2 y otros) que son analizados económicamente. Usó este modelo para intercombinar el crecimiento económico, bienestar (pobreza) y el ambiente de la Amazonía boliviana. Por ejemplo, el modelo apunta a todas las partes del sector forestal que tuvieron el mayor impacto sobre el grupo familiar más pobre, que en este caso es altamente dependiente de la castaña al analizar quién contribuye a esta producción. Él encontró también que la región estudiada es altamente dependiente de la exportación de la región.

Un problema con el MCS es que es exigente y por ello no incluye reservas o la posibilidad de substitución (Alavalapati *et al.* 1998). Otros modelos pueden ser más bien para esos casos, como los más complejos modelos de equilibrio general (MEG). A menudo éstos se construyen en la información registrada en MCS. Un ejemplo de este estudio que aplica MEG en Bolivia es Zavaleta (2003), quien analiza el impacto de la expansión del sector de gas natural de Bolivia, es decir el efecto de subsecuentes movimientos operacionales.

El modelo MCS es una herramienta útil para analizar los impactos económicos de diferentes actividades. Dado que la matriz puede ser extendida y reducida, dependiendo de los intereses específicos, puede también ser aplicada al nivel más local para por ejemplo analizar la economía en una región como hizo Bojanic (2001) o inclusive a un menor nivel. Pero más frecuentemente es utilizada a nivel

nacional o regional. Puede servir para analizar los efectos de disminución de pobreza de diferentes iniciativas y otros asuntos de distribución, por ejemplo entre diferentes nexos en la cadena productiva de madera. Estas referencias analíticas no necesariamente incluyen valores económicos totales, siendo todos los componentes descritos en la tabla 2. Las externalidades también (en principio) pueden ser incluidas, pero apenas se conoce sobre su importancia como las secciones previas han mostrado.

Conclusiones y requerimientos de investigación

Como se indicó en esta reseña, el valor económico es un concepto ambiguo. El valor que atribuimos a los recursos madereros depende del contexto, de los actores involucrados y el horizonte de tiempo aplicado. Además, la elección de una medida de valor económico puede ser altamente influyente en las conclusiones subsecuentes y los economistas de recursos pueden ser concientes en desarrollar soluciones técnicas sólidas considerando al punto de vista de los tomadores de decisiones. En las palabras Sheil & Wunder (2002): *El valor no es una propiedad inherente a la entidad: es una medida de la relación entre un sujeto y un objeto de valoración dentro un contexto (tiempo y lugar o un escenario hipotético). Estos términos básicos de evaluación definen y delimitan al enfoque de cada estudio y la esfera de cualquier conclusión potencial de investigación. Hay una fundamental distinción a ser realizada entre el ejercicio de valuación que explica cómo las preferencias son realizadas por usuarios individuales de recursos y uno que busca maximizar al bienestar de la comunidad o societal*. En la mayoría de los estudios identificados en esta reseña los términos de evaluación fueron enfocados en preferencias individuales y en aspectos financieros de la extracción maderera. Muchos estudios financieros datan del discurso que sigue a la promulgación de la Ley General Forestal 1996. la conclusión general de estos estudios es que el régimen de SFM ha disminuido la rentabilidad de las operaciones forestales. Pocos estudios ven a la producción maderera en una perspectiva intergeneracional, ya que se basan en horizontes de tiempo relativamente cortos y en una inadecuada información de los procesos biológicos del bosque tropical. El conocimiento básico de la dinámica de los ecosistemas de bosques naturales es todavía muy incomplete en proveer una base pobre para pronosticar el flujo potencial a largo plazo de las diferentes aproximaciones de manejo. Por otro lado, la realidad demanda de estimaciones económicas de los valores de uso. Los economistas pueden solamente basar sus estimaciones en el conocimiento biológico disponible y esta reseña resalta la necesidad de unir fuerzas entre ecólogos, biólogos y economistas para desarrollar los modelos económicos mejores posibles a largo plazo para el sector forestal en Bolivia.

Desde la implementación de la Ley General Forestal en 1996, el desempeño financiero del sector forestal no ha sido mejorado sustancialmente y todavía hay la necesidad de análisis económicos y financieros como la base para siguientes desarrollos. La baja eficiencia en el sector forestal puede ser referenciada a través de estudios sobre las dinámicas de negocios.

Otros temas permanentes son los efectos socio-económicos y financieros del mercado de madera ilegal que han evitado totalmente la investigación científica. La existencia del problema es frecuentemente documentada en la prensa boliviana, pero existe poco conocimiento sustancial sobre los efectos sociales y económicos de esta estructura de mercado.

Otro aspecto subexpuesto de la valoración forestal es la importancia económica de los NTFP. Muy pocos estudios se refieren a este tema. Considerando que el desarrollo avasallante de la frontera agrícola podría ser

útil establecer una base más sólida para la evaluación del futuro rol del bosque. ¿Cuál rol juega el bosque ahora y si es realista esperar que el bosque coexista con el uso agrícola de la tierra? Esto está estrechamente ligado al análisis del rol potencial del bosque como recurso para generar desarrollo en las comunidades locales. Algunos estudios hicieron referencia a este tema en relación con las TCO's. Muy poco se ha hecho en relación a las ASL's y comunidades colonas. Como son diferentes tipos de comunidades humanas son muy disímiles, otras conclusiones pueden ser dibujadas de ASL's y de colonos. Siguiendo la nueva Ley grandes expectaciones han estado sometidas a un manejo descentralizado de los recursos forestales, pero ¿cuál es la situación actual y el desarrollo potencial de esos recursos? Estos temas pueden haber sido referenciados desde una perspectiva de ciencias políticas, pero todavía muy poco desde una perspectiva económica.

Las economías ambientales de los recursos forestales son también un área que representa muchos desafíos. En muchos casos, el valor de erosión de las funciones de protección de cuencas no es considerado cuando se estiman valores forestales. En algunos casos, el valor para conservar un bosque y así mantener externalidades relacionadas puede exceder a las ganancias de la cosecha de madera en cortos plazos. A falta de un análisis y documentos adecuados sobre estas interrelaciones holísticas puede conducir a decisiones subóptimas en todos los niveles. La economía ambiental juega un rol significativo en revelar el valor inherente de los ecosistemas que puede ser fácilmente utilizado para generar ganancias financieras para pocos individuos, pero llegar a consecuencias devastadoras para grandes grupos de la población.

Como los recursos naturales forestales de Bolivia están siendo agotados, las plantaciones forestales están ganando interés. Pero no ha sido encontrado ningún estudio de valor comercial ni de economía societal de la plantación forestal. Desde una perspectiva de conservación, puede ser muy interesante comparar los beneficios futuros de una plantación forestal con el uso continuo de los bosques naturales. Además se requieren esquemas realísticos y localmente ajustados para respaldar la toma de decisiones en realizar inversiones en plantaciones privadas.

Basado en una reseña sobre los estudios de economía forestal en Bolivia, concluimos que todavía hay muchas preguntas para ser respondidas. La investigación es requerida especialmente en el valor de uso directo en todos los niveles de comercialización de los recursos de madera. Además, se necesitan estudios científicos a nivel comunitario del manejo de los recursos forestales. Desde la perspectiva social, se precisan estudios en los efectos de la producción de madera legal e ilegal. La investigación económico-ambiental puede contribuir en revelar los valores de uso indirecto y pese a que se han realizado algunos intentos, todavía parece existir un largo camino que recorrer para que el valor total del sector forestal sea adecuadamente estimado, aplicando una perspectiva económica que solo financiera. Para alcanzar este objetivo, existe una mayor precondición que es una colaboración interdisciplinaria entre las ciencias naturales y sociales para proveer respuestas holísticas y comprensibles para empresarios y políticos tomadores de decisiones.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro colega Ing. Milton Brosovich del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno por su esfuerzo incansable en disponer de una gran parte de la bibliografía consultada en la presente reseña. Además, agradecemos a Alan Bojanic, Preston Pattie y María Teresa Vargas por su ayuda y por sus comentarios constructivos.

Referencias

Alavalapati, J., White, W., Wellstead, A. & M. Patriquin.1998. An economic impact model of the foothills model forest. Working paper. Canadian Forest Service, Socio-Economic Research Network, Edmonton. 38 p.

Angeleri, N. V. C. 2005. Análisis financiero de la mitigación de carbono del proyecto de acción climática Noel Kempff (PAC-NK). Tesis del grado académico, Universidad Católica Boliviana, San Pablo, La Paz. 96 p.

Asquith, N. M., Vargas R., M. & J. Smith. 2002. Can forest-protection carbon projects improve rural livelihoods? Analysis of the Noel Kempff Mercado Climate Action Project. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 7: 323-337.

Barany, M., Hammet, A. L. & P. Araman. 2003. Lesser used wood species of Bolivia and their relevance to sustainable forest management. Forest Products Journal 53 (7/8): 1-6.

Barton, D. N. 2002. The transferability of benefit transfer: contingent valuation of water quality improvements in Costa Rica. Ecological Economics 42: 147-164.

Bateman, I., Carson, R., Day, B., Hanemann, W. M., Hanley, N., Hett, T., Jones-Lee, M., Loomes, G., Mourato, S., Özdemiroglu, E., Pearce, D. W., Sugden R. & J. Swanson. 2002. Economic Valuation with Stated Preference Techniques. Edward Elgar, Cheltenham. 153 p.

Bojanic, A. 2001. Balance is beautiful: Assessing sustainable development in the rain forests of the Bolivian Amazon. PhD thesis, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen Universiteit, Utrecht. 256 p.

Bojanic, A. 2002. Comercializacion de productos forestales no maderables. Factores de éxito y fracaso. Marco legal y políticas relevantes para la comercializacion interna y de exporttación de productos no maderables en Bolivia. DFID R7925. PNUMA UNEP-WCMC & ODI, DFID – FRP. Noviembre 2005 de: http://quin.unep-wcmc.org/forest/ntfp/docs/Bolivia_policy_paper.pdf

Bojanic, A. & E. H. Bulte. 2002. Financial viability of natural forest management in Bolivia: environmental regulation and the dissipation and distribution of profits. Forest Policy and Economics 4: 239-250.

Braun, G. 1997. The use of digital methods in assessing forest patterns in an Andean environment: the *Polylepis* example. Mountain Res. Dev. 17: 253-262.

Braun-Wilke, R. 1988. Productividad ecológica de la queñoa en la puna de Jujuy. Congreso Forestal Argentino, Santiago del Estero.

Brown, S., Burnham, M., Delaney, M., Powell, M., Vaca, R. & A. Moreno. 2000. Issues and challenges for forest-based carbon-offset projects: a case study of the Noel Kempff climate action project in Bolivia. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 5(1): 25-37.

CDC (Centro de Datos para la Conservación - Bolivia). 1993. Caracterización general de los bosques andinos en Bolivia, La Paz.

CFB (Cámara Forestal de Bolivia). 2002. Anuario Estadístico. Sector Forestal de Bolivia, Santa Cruz. 145 p.

Cordero, W. 2003. Control de operaciones forestales con énfasis en la actividad ilegal. Documento Técnico 120/2003. BOLFOR, Santa Cruz. 43 p.

Davies, J., Magriños, E., Osinaga, E. & A. Bojanic. 2000. Is natural forest management a viable land use option in a colonisation zone in Bolivia? Overseas Development Institute (ODI) in collaboration with the Centre for Tropical Agricultural Research (CIAT) and the Research and Promotion Centre for the Peasantry. DFID.

Driesch, P. & M. Kessler. 2004. Diseño y técnicas de programas de reforestación. Pp. 172-192. En: J. Fjeldså & M. Kessler (eds.) Conservación de la Biodiversidad de los Bosques de *Polylepis* de las Tierras Altas de Bolivia. Una Contribución al Manejo Sustentable en los Andes. DIVA Technical Report 11. FAN, Santa Cruz.

Ellis-Jones, J. & T. Mason. 1999. Livelihood strategies and assets of small farmers in the evaluation of soil and water management practices in the temperate inter-Andean valleys of Bolivia. Mountain Research and Development 19 (3): 221-234.

Emerton, L. 2003. Tropical forest valuation: has it all been a futile exercise? Paper submitted to the XII World Forestry Congress, 2003, Québec.

Fjeldså, J. & M. Kessler (eds.). 2004. Conservación de la biodiversidad de los bosques de *Polylepis* de las tierras altas de Bolivia. Una contribución al manejo sustentable en los Andes. DIVA Technical Report 11. FAN, Santa Cruz. 214 p.

FAO. 1991. Desarrollo comunal forestal en el Altiplano boliviano. Roma.

FAO. 2003a. Country information. Octubre 2005 de: http://www.fao.org/forestry/site/23747/en/bol

FAO. 2003b: State of forestry in the Latin American and Caribbean region 2002. FAO Regional office for Latin America and the Caribbean, Santiago. 101 p.

Godoy, R., Overman, H., Demmer, J., Apaza, L., Byron, E., Huanca, T., Leonard, W., Pérez, E., Reyes-García, V., Vades, V., Wilkie, D., Cubas, A., McSweeney, K. & N. Brokaw. 2002. Local financial benefits of rain forests: comparative evidence from Amerindian societies in Bolivia and Honduras. Ecological Economics 40: 397-409.

Gregersen, H. M., Arnold, J. E. M, Lundgren & A. Contreras-Hermosilla. 1995. Valuing forests: context, issues and guidelines. FAO Forestry Paper 127. FAO, Roma. 54 p.

Hanrahan, M., Grimes, A. & F. Aguilar. 1997. The cost benefit of certified forest management in southeastern Bolivia: the case of Lomerio community forest. Memoria del Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. 15-20 de Julio de 1997. BOLFOR Project, USAID-CIFOR-IUFRO, Santa Cruz.

Hearne, R. R. & Z. S. Salinas. 2003. The use of choice experiments in the analysis of tourist preferences for ecotourism development in Costa Rica. Journal of Environmental Management 65: 153-163.

Howard, A. F., Rice, R. E. & R. E. Gullison. 1996. Simulated financial returns and selected environmental impacts from four alternative silvicultural prescriptions applied in the neotropics: a case study of the Chimanes forest, Bolivia. Forest Ecology and Management 89: 43-57.

López, J. 2004. Informe nacional Bolivia. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. Departamento de Montes-FAO, Documento de Trabajo, ESFAL/N/18, Roma. 76 p.

Marcouiller, D. W. & J. C. Stier. 2005. Modeling the regional economic aspects of forest management alternatives. Working paper. University of Wisconsin, Madison. 13 p.

Markopoulos, M. D. 1998. The impact of certification on community forest enterprises: a case study of the Lomerío community forest management project, Bolivia. Oxford Forestry Institute (OFI), Oxford. 90 p. Agosto 2005 de: http://www.frp.uk.com/dissemination_documents/R7285_The_Impacts_of_Certification_on_community_forest_enterprises.pdf

Merry, F. D., Hildebrand, P. E., Pattie, P. & D. R. Carter. 2002. An analysis of land conversion from sustainable forestry to pasture: a case study in the Bolivian Lowlands. 19: 207-215.

Min, Z. & G. Zhou. 2002. Supply chain modelling: past, present and future. Computers and industrial engineering 34: 231-249.

Navrud, S. & Ready, R. C. 2002. Valuing Cultural Heritage - Applying Environmental Valuation Techniques to Historic Buildings, Monuments and Artefacts. Edward Elgar Publishing, Cheltenham. 304 p.

Nebel, G., Jacobsen, J. B., Quevedo, R. & F. Helles. 2003. A strategic view of commercially based community forestry in indigenous territories in the lowlands of Bolivia. Conference proceedings from The International Conference on Rural Livelihood, Forest and Biodiversity, 13-23 May 2003, Bonn, Germany. 21 p. Octubre 2005 de: http://www.cifor.cgiar.org/publications/corporate/cd-roms/bonn-proc/pdfs/papers/T2_FINAL_Nebel.pdf

Nebel, G., Quevedo, L., Jacobsen, J. B. & F. Helles. 2005. Development and economic significance of forest certification: the case of FSC in Bolivia. Forest Policy and Economics 7: 175-186.

Norheim, T. 1996. Uso y aprovechamiento tradicional de productos forestales no maderables en la región andina de Bolivia. Centro de Información para el Desarrollo, La Paz. 203 p.

Pattie, P. & F. Ferry. 1999. Forests versus livestock: an economic assessment of choices facing landowners in the Bolivian lowlands.

Technical Document 74/1999. BOLFOR. Santa Cruz. 72 p.

Pattie, P.S, Núñez, M. & P. Rojas. 2003. Valoración de los bosques tropicales de Bolivia. Documento Técnico 130/2003. BOLFOR, Santa Cruz. 44 p.

Ponz, E., Carpio, G. & S. Meo. 2005. La medicina tradicional de los Tacana y Machineri: conocimientos prácticos de las plantas medicinales. Fundación PIEB, La Paz. 183 p.

PROBONA (Programa de Bosques Nativos y Agrosistemas Andinos). 2005. Bosque nativo en el mundo campesino andino. COSUDE-Intercooperation, Quito. 64 p.

Ramírez, C. R. 2004. Estudio de marcado para la comercialización de la producción forestal maderable TCO Guarayos. Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Social (CEADES), Santa Cruz. 58 p.

Richards, M. 1997. The potential for economic valuation of watershed protection in mountainous areas: a case study from Bolivia. Mountain Research and Development 17(1): 19-30.

Rice, D. 1998. Análisis financiero de cuatro escenarios alternativos de aprovechamiento para el proyecto de manejo forestal comunal de Lomerío, Bolivia. Documento Técnico 63. BOLFOR, Santa Cruz. 24 p.

Rice, D. & A. F. Howard. 1996. Rentabilidad del sector forestal en Bolivia: Estudio de caso del Bosque Chimanes. Documento Técnico 32/1996. BOLFOR, Santa Cruz. 31 p.

Robertson, N. & S. Wunder. 2005. Fresh tracks in the Forest. Assessing incipient payments for environmental services initiatives in Bolivia. CIFOR, Bogor. 138 p.

Sandoval, E. 2000. Bolivia – comportamiento de la certificación forestal. Revista Forestal Centroamericana 31: 23-28.

Sheil, D. & S. Wunder. 2002. The value of tropical forest to local communities: complications, caveats and cautions. Conservation Ecology 6(2): 9. http://www.consecol.org/vol6/iss2/art9

Soto, H. A. 1997. Encuesta de precios de venta de madera en diferentes etapas de utilización. Documento Técnico 55/1997. BOLFOR, Santa Cruz. 66 p.

Southgate, D. & R. Macke. 1989. The downstream benefits of soil conservation in third world hydroelectric watershed. Land Economics 65 (1): 38-48.

STCP - Engenharia de Projetos Ltda. 2000. Strategic plan for the development of the Bolivian forestry sector. Project CFB-01/99, Rev. 0. Cámara Forestal de Bolivia, Corporación Andina de Fomento, Santa Cruz. 55 p.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, Kyoto. 23 p.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2001. The Marrakesh Accords & the Marrakesh Declaration, UNFCCC, Marrakesh. 245 p.

Vallejos, C., Cuéllar, R., Ayala, J. & C. Ramos. 1996. Estudio de valuación del bosque de Lomerío: memoria del taller realizado con representantes de las comunidades Las Trancas y Puesto Nuevo. BOLFOR, Santa Cruz. 30 p.

Van Dam, C. E. 1988. Proyecto comunal de reforestación. FAO, Lima. 166 p.

Vargas, M. T. 2004. Evaluating the economic basis for payments for watershed services around Amboró National Park, Bolivia. M.A. Thesis, Yale School of Forestry, New Heaven, Connecticut. 28 p.

Zavaleta, D. 2003. Modelling the economic effects of a natural resource boom in general equilibrium: the Bolivian case. Octubre 2005 de: http://www.ecomod.net/conferences/iioa2004/iioa2004_papers/zhang.pdf