

Libros de **Cátedra**

Sistemas agroforestales en Argentina

Sandra Elizabeth Sharry, Raúl Alberto Stevani
y Sebastián Pablo Galarco (coordinadores)

FACULTAD DE
Ciencias Agrarias y Forestales

n
naturales


EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

SISTEMAS AGROFORESTALES EN ARGENTINA

Sandra Elizabeth Sharry
Raúl Alberto Stevani
Sebastián Pablo Galarco
(coordinadores)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA


Edulp
EDITORIAL DE LA UNLP

Esta obra está dedicada enteramente a la memoria del Ing. Agr. Raúl Alberto Stevani, gran compañero de cátedra, mejor persona y forestal de alma, un tipazo amable de convicciones profundas.

Raúl tenía una sensibilidad única como ser humano, incansable defensor de la educación pública, siempre disponible para sus estudiantes y compañeros.

A mediados de los años noventa, fue de los primeros docentes en impulsar dentro de nuestra Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales el estudio y análisis de la temática que aborda este libro cátedra, determinante para que los sistemas agroforestales se incluyeran dentro del programa de la materia Introducción a la Dasonomía, en la cual participó como docente desde 1994. Juntos organizamos la primera Jornada de Sistemas Silvopastoriles realizada en la Facultad, además, dictó y participó de innumerables charlas en la Facultad, en el Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires y en otros diversos ámbitos de los que formó parte activamente.

En todo momento aportando su experiencia de campo y profundo conocimiento de la realidad forestal nacional y en particular de Buenos Aires, todo atravesado por una visión agro forestal. Muchos de los que tuvimos la suerte de conocerlo y compartir la vida académica y profesional con Raúl nos vimos guiados y siempre bien aconsejados.

Gracias Raúl, te vamos a extrañar mucho. Hasta siempre, Maestro.

En la vastedad del espacio y la inmensidad del tiempo ha sido una alegría disfrutar un planeta y una época con Raúl.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de La Plata y en especial a EDULP por la iniciativa de los libros cátedra y por su interés en este proyecto.

A todos los estudiantes de Introducción a la Dasonomía y de Silvicultura de la UNLP y de la UNRN, que mediante su participación, inquietudes y discusiones enriquecen las clases, nos estimulan a mejorar y actualizar año a año la práctica docente y nos motivaron a realizar esta obra.

A los colegas y amigos de la actividad forestal (algunos de ellos ex alumnos de nuestra querida Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales) que, al conocer de la realización de este libro, aportaron su experiencia y experticia como autores para actualizar y enriquecer los contenidos: Pablo Peri, Florencia Montagnini, Jorge Esquivel, Marcelo Navall, María Elena Gauchat, Esteban Borodowski, Esteban Thomas, Patricia Cornaglia, Guillermo Reutemann, Gonzalo Caballé, Bárbara Heguy, María Julia Nosetti, Beatriz Eibl, Hernán Cancio, Sara Barth, Lorena Mendicino, Federico Fernández, Víctor Bolaños, Juan Martín Sánchez, Tatiana Cinquetti y Diego Ramilo.

Índice

Prólogo	8
----------------------	---

PRIMERA PARTE

Conceptos generales

Capítulo 1

Los sistemas agroforestales.....	11
<i>Sandra E. Sharry</i>	

Capítulo 2

Clasificación de los SAF.....	27
<i>Sandra E. Sharry</i>	

Capítulo 3

Principios de la agricultura sintrópica aplicables en sistemas agroforestales	60
<i>Juan M. Sánchez</i>	

Capítulo 4

Cortinas forestales	87
<i>Diego I. Ramilo</i>	

Capítulo 5

Montes de reparo para ganado	133
<i>Raúl A. Stevani</i>	

SEGUNDA PARTE

Sistemas silvopastoriles y silvoagrícolas en Argentina

Capítulo 6

Sistemas silvopastoriles en bosque nativo 152

Pablo Peri y Marcelo Navall

Capítulo 7

Sistemas silvopastoriles en el Nordeste de Argentina 208

Jorge I. Esquivel

Capítulo 8

Sistemas Agroforestales en Misiones 229

*Guillermo Reutemann, Beatriz Eibl, Florencia Montagnini, Sara Barth
y María Elena Gauchat*

Capítulo 9

Implementación y manejo de Sistemas Silvopastoriles en el bajo Delta del río Paraná 249

Esteban D. Borodowski y Patricia S. Cornaglia

Capítulo 10

Sistemas agroforestales en Patagonia Norte 276

Esteban Thomas, Hernán Cancio y Gonzalo Caballé

Capítulo 11

Sistemas silvopastoriles en la Pampa Deprimida, interacciones y efectos sobre los
componentes 312

Bárbara Heguy, Víctor Bolaños, Federico Fernández y Lorena Mendicino

Capítulo 12

Sistemas silvopastoriles en la región de Cuyo 324

Julia Nosetti

TERCERA PARTE

Para ir cerrando

Capítulo 13

Sistemas agroforestales: medidas de apoyo estatales vigentes en Argentina 343

Sebastián P. Galarco

Capítulo 14

Contenidos sobre sistemas agroforestales en los planes de estudio 357

*Raúl A. Stevani, Sebastián P. Galarco, Diego I. Ramilo, Tatiana Cinquetti
y Sandra E. Sharry*

Los autores 366

Prólogo

Este libro ha sido escrito con dos propósitos en mente: 1) servir como libro de texto a los estudiantes y como guía de apoyo a los docentes y 2) ofrecer al público interesado y a otras instituciones de enseñanza superior un libro de texto sobre la planificación agroforestal en Argentina.

Fue elaborado con el fin de responder a la necesidad de contar con material sobre sistemas agroforestales (SAF) de Argentina, que sirvan de apoyo a estudiantes de nivel grado o posgrado. También es un excelente material de capacitación o enseñanza, de la misma forma que permite contribuir a enriquecer el conocimiento de las personas involucradas en el campo agroforestal. En este sentido, se espera que este libro sea una herramienta importante para el mejor entendimiento de los diferentes aspectos y componentes bióticos y abióticos de los sistemas agroforestales del país y que en su conjunto contribuyan a una mayor adopción o difusión de los SAF como estrategia de producción sostenible.

Los objetivos del libro son:

- Conocer los principales tipos de sistemas agroforestales en el mundo.
- Conocer los principios que determinan la dinámica de estos sistemas.
- Conocer las características específicas de los sistemas agroforestales en el país, su importancia económica y ambiental, así como la legislación sobre la materia.
- Conocer las bases en las que debe sustentarse la gestión de los sistemas agroforestales.
- Promocionar la práctica como alternativa sostenible ante problemas globales como la deforestación, el cambio climático, el hambre y la pobreza.

Los contenidos abarcan la descripción de los principales sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles, cortinas rompevientos, montes de reparo, reparos artificiales con estudios de casos de lugares muy representativos del país. Además, se aborda un somero análisis de los contenidos de sistemas agroforestales en las carreras de grado de Ingeniería Agronómica y Forestal, y las herramientas de promoción a nivel país de estos sistemas.

Hemos invitado a amigos y colegas talentosos, de sobrada experiencia en el tema, y logramos su colaboración, lo que nos llena de alegría y jerarquiza este libro.

Es importante recordar que este mismo equipo docente, en 2020, publicó el libro cátedra titulado "PLANTACIONES FORESTALES EN ARGENTINA" Fundamentos técnicos y metodologías para la realización de forestaciones en diferentes regiones. Los temas abordados incluyen la situación del recurso forestal en Argentina con énfasis en plantaciones de producción en las diferentes regiones,

una perspectiva actualizada sobre la producción de materiales de propagación forestal y viveros y las características básicas y las particularidades de la realización de plantaciones en diferentes zonas (habilitación del terreno, preparación del suelo, sistemas de plantación, materiales de propagación utilizados, distribución en el terreno, densidades utilizadas, etc.). Adicionalmente, se examinan los diversos mecanismos de fomento que existieron para la actividad y se describen los vigentes en la actualidad (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/101543?show=full>).

Finalmente es oportuno reiterar, nuestro compromiso indeclinable con el estudio de los Sistemas Agroforestales y en el mismo sentido abogamos por que los diferentes cursos afines a la temática, profundicen el tratamiento, esforzándonos en propuestas que conduzcan a cursos o materias específicas, sin dejar de tener en la mira la creación de carreras de grado con formación de Ingenieros Agroforestales.

Hoy el libro cátedra llega a las manos de estudiantes de ciencias agronómicas y forestales, productores interesados, docentes de cursos afines, con la inquietud de haber compilado y desarrollado la temática para que logre estimular, incitar, provocar a todos y cada uno a que se profundicen mucho más su adopción, el desarrollo de investigaciones y prácticas y el estudio en general del tema.

Equipo Docente
Curso Introducción a la Dasonomía
F.C.A.y F. – U.N.L.P

PRIMERA PARTE

Conceptos generales

CAPITULO 1

Los sistemas agroforestales

Sandra E. Sharry

Introducción

El impacto de los sistemas tradicionales de producción agropecuaria sobre los recursos naturales, la deforestación, la degradación ambiental, el cambio climático, la desigualdad social, entre otros problemas globales, lleva a la necesidad de practicar sistemas de producción sostenibles. Una alternativa para lograrlo según Giraldo (1996) es diseñar sistemas que combinan actividades agrícolas, ganaderas y forestales que sean productivas y compatibles con el uso racional de los recursos. Estos son los *sistemas agroforestales*.

La **agroforestería o agrosilvicultura** es una alternativa integral de producción que ayuda a mantener la productividad, proteger los recursos naturales, minimizar los impactos ambientales y satisfacer las necesidades económicas y sociales de la población. Agroforestería es el nombre genérico para describir un sistema de uso de la tierra en el cual los árboles se combinan temporal y espacialmente con pasturas (uso animal) o cultivos agrícolas; en la agroforestería interactúan elementos de la agricultura con elementos forestales que se traducen en sistemas de producción sostenibles en la misma unidad de terreno (Durán, 2004). Es una práctica que contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como muestra la figura 1.

Figura 1. La agroforestería contribuye a los ODS.



La agrosilvicultura se está convirtiendo en una gran solución para la mitigación del cambio climático, la adaptación, la resiliencia y la biodiversidad. Por su parte, el manejo forestal sostenible contribuye, directa e indirectamente, al cumplimiento de la mayoría de los ODS y sus metas. Según FAO, los SAF contribuyen a alcanzar los ODS 1,2,12 y 15. Fuente: FAO- <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/agroforestry/basic-knowledge/es/>

La agroforestería como ciencia trata del uso de una serie de técnicas que combinan la agronomía, la silvicultura y la zootecnia para lograr un adecuado manejo del conjunto y las interdependencias entre cada uno de sus elementos. El término agroforestal abarca una gran cantidad de diferentes sistemas de gestión de los recursos naturales.

Los **sistemas agroforestales** son sistemas multifuncionales que pueden proporcionar una gran variedad de beneficios económicos, socioculturales y ambientales. Estos sistemas de producción son especialmente importantes para los pequeños agricultores ya que generan diversos productos y servicios en una superficie limitada. No obstante, estos sistemas tienen también sus limitaciones, por lo que es necesario llevar a cabo un análisis minucioso antes de su establecimiento y manejo. Se trata de gestiones del territorio que pueden llegar a ser totalmente distintas en función del sistema utilizado y las condiciones bajo las que se aplica, considerando las condiciones económicas, sociales y ambientales prevalecientes.

Este capítulo brinda un panorama general de los sistemas agroforestales, teniendo en cuenta el enfoque de este libro. Para ello es pertinente considerar algunos aspectos tales como las definiciones de sistema, sistema agroforestal, características, objetivos y antecedentes de los SAF.

Conceptos básicos

¿Por qué se denominan “sistemas” agro-forestales?

Según el diccionario de la RAE, un sistema es *el conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto*. Un sistema puede ser entendido como un “arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo” (Becht, 1974). Los sistemas son conjuntos de componentes que interactúan unos con otros, de tal forma que cada conjunto se comporta como una unidad completa. Los sistemas también se refieren a un conjunto de elementos o entidades que guardan estrechas relaciones entre sí y que mantienen al sistema directa o indirectamente unido, de modo más o menos estable, cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo. Si bien cada uno de los elementos de un sistema puede funcionar de manera independiente, siempre formará parte de una estructura mayor. Del mismo modo, un sistema puede ser, a su vez, un componente de otro sistema. Un sistema ecológico requiere de una entrada y una salida para mantenerse. La entrada esencialmente es energía, información y recursos. En la llamada “caja negra” del sistema se procesa lo ingresado y retornan al ambiente energía, información y recursos (Figura 2).

Figura 2. Esquema de un sistema.



La palabra sistema procede del latín *systema*, y este del griego *σύστημα* (*systema*), identificado en español como “unión de cosas de manera organizada”. Es un conjunto de componentes, arreglados o acomodados entre sí de manera tal que actúan interrelacionadamente como una unidad, procesando materia, energía e información que ingresa al sistema (entradas) y obteniendo resultados (salidas de materia, energía e información) en base a un objetivo que regula su funcionamiento. La función de un sistema se define siempre en términos de procesos o actividades, y está relacionada con el proceso de recibir entradas y producir salidas regulado por algún objetivo que orienta o regula sus acciones. Representa en algún modo “el valor de la interacción” (<http://fca.web1.unl.edu.ar/agromatica/Docs/04-Agrosistemas.PDF>)

Un **sistema agroforestal** (SAF), tiene como componentes a los árboles (forestal) y los cultivos (agro) y/o animales (Figura 3 a). Hay que considerar, además, la articulación e integración de los componentes abióticos del sistema, como el clima, el agua y el suelo, en relación con el manejo de los componentes agrícolas y forestales; y los seres humanos, quienes tienen un papel protagónico en dirigir las interacciones de los componentes en el sistema (Figura 3b).

Figura 3 a. Componentes de un sistema agroforestal –Fuente elaboración propia

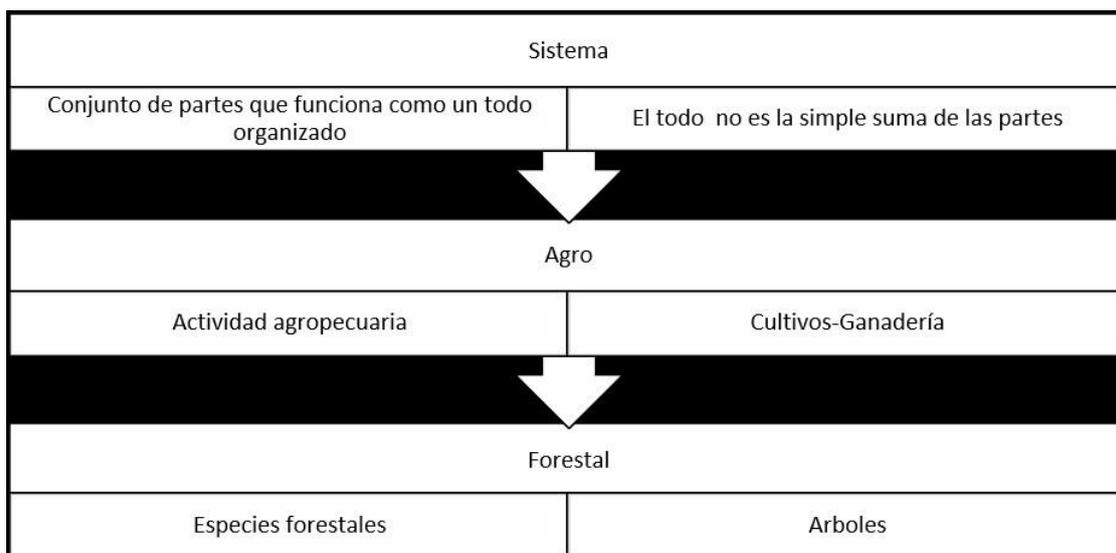
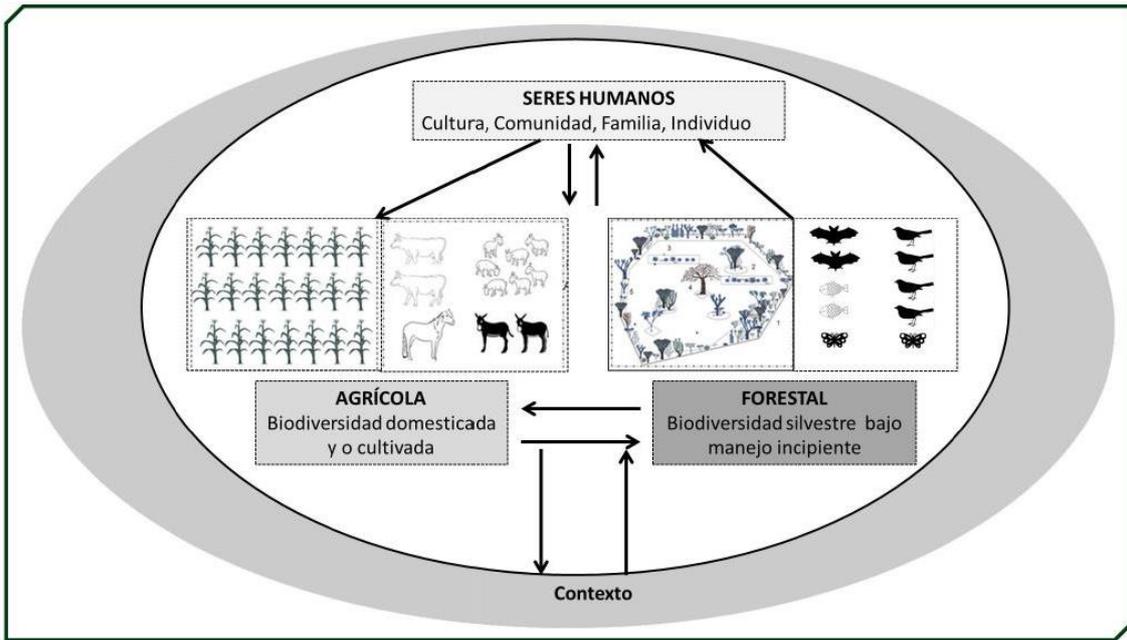


Figura 3 b. ¿Cuáles son los componentes de un SAF?



Se ejemplifican los componentes agrícolas y forestales del sistema y la dirección humana en su selección en un contexto particular. Elaboración Moreno-Calles et al. 2014

La importancia relativa y el efecto de las diferentes interacciones entre los árboles y los cultivos (pasturas, frutales, cereales, etc.) dependen de las condiciones del sitio (suelo y clima), la selección del genotipo (especie, variedad y procedencia), las características bajo y sobre el suelo de los árboles y los cultivos, así como de las prácticas de manejo del cultivo principal (Beer et al., 2003). Las interacciones entre componentes pueden afectar positiva o negativamente la producción.

Estos sistemas presentan los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, ingresos y egresos, interacciones, relación jerárquica con la organización de la finca y una dinámica (Montagnini et al., 1992) (Figura 4).

Figura 4. Esquema de sistema agro forestal. Modificado de Galluser, s/f.



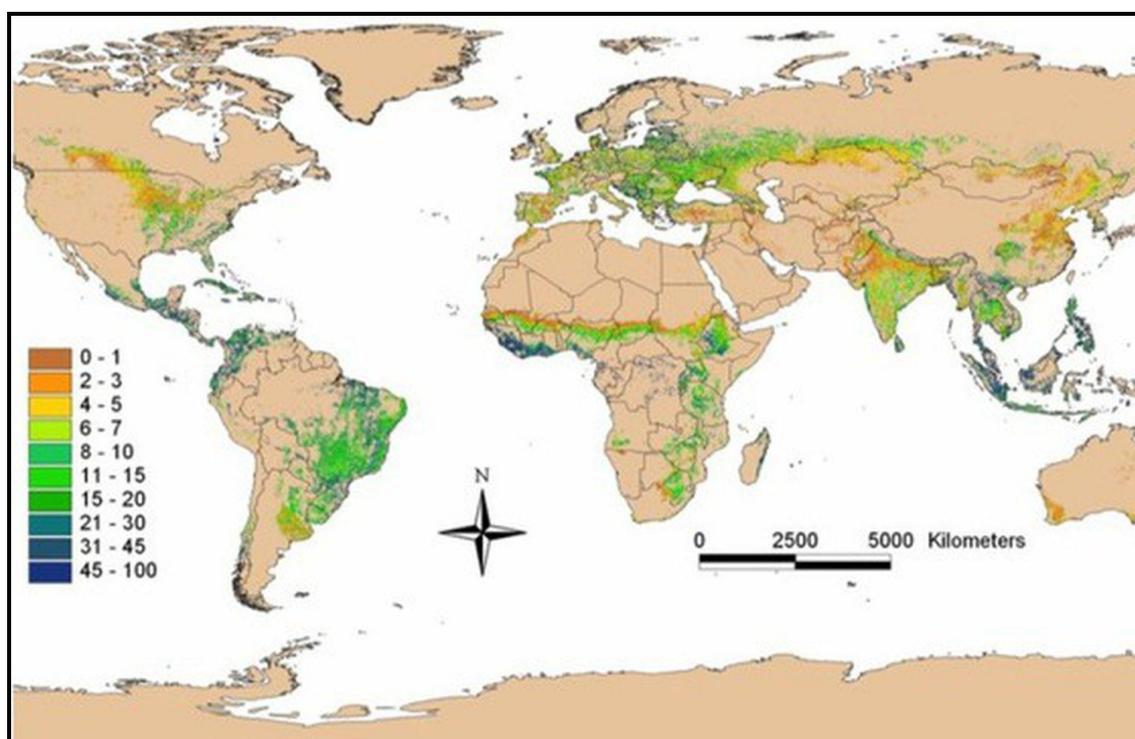
Por otro lado, se llama **práctica agroforestal** (PAF) a la generalización de un arreglo físico y su gestión. Por ejemplo: el cultivo en callejones, que privilegia unas salidas sobre otras, como podas, y promueve ciertas funciones sobre otras (el aporte de biomasa) (Nair, 1997).

Un **sistema agroforestal** (SAF) es la particularización de una práctica en función de las circunstancias locales donde se realiza: especies predominantes, características de su gestión, situación socioeconómica, etc (Nair, 1997). Las **tecnologías agroforestales** se refieren a innovaciones sobre bases académico-científicas que optimizan la gestión de un sistema de uso de la tierra genéricamente o agroforestal específicamente (Torquebiau, 1993). Una **técnica agroforestal** es la aplicación concreta de una tecnología y su difusión de uso (por ejemplo: poda).

El componente forestal

Los paisajes agrícolas en general, tienen un alto número de árboles, que cumplen con diferentes propósitos, como producción de madera, leña, forraje, frutas, medicinas, etc. Los árboles brindan servicios como: sombra para cultivos y animales, protección como en el caso de cortinas rompe vientos, etc., además los árboles aumentan la diversidad biológica de los agroecosistemas. Los científicos del Centro Mundial de Agrosilvicultura (ICRAF) han demostrado mediante un estudio de imágenes satelitales, que prácticamente la mitad de todos los paisajes agrícolas del mundo incluye una cubierta forestal considerable (Figura 5).

Figura 5. Mapa del porcentaje de árboles en los terrenos cultivados en todo el mundo

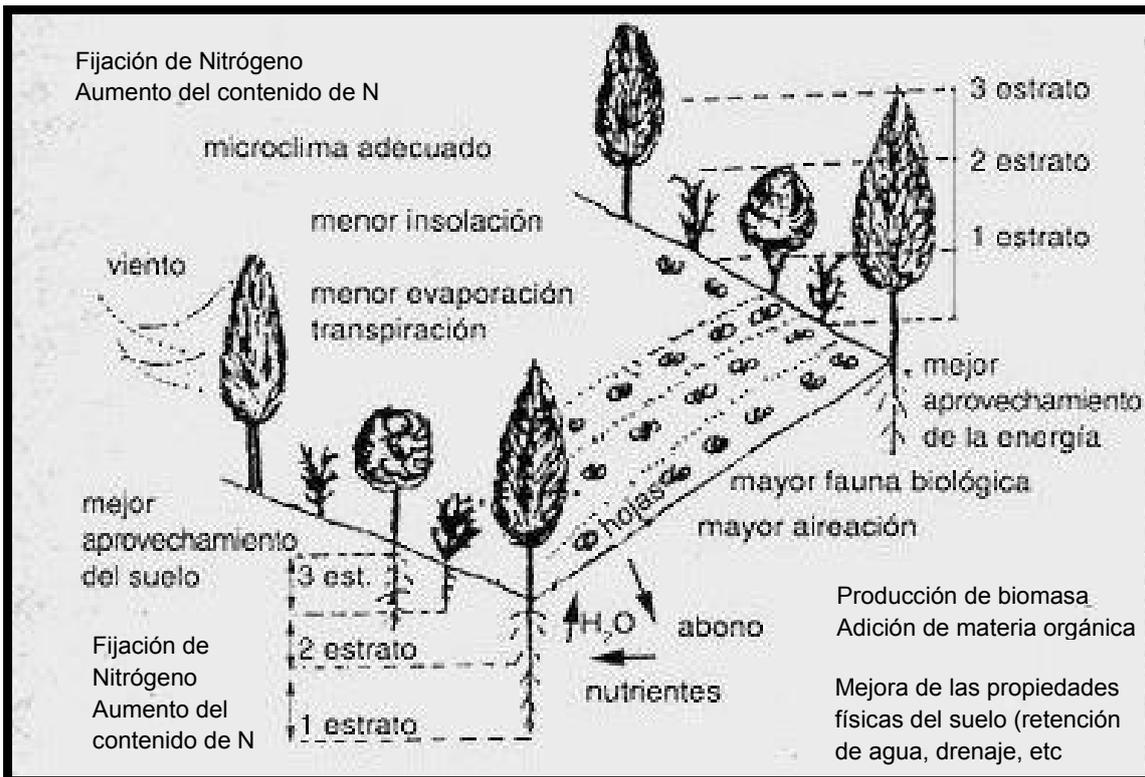


Fuente: ICRAF-2009

Para que sean parte de un sistema, debe haber una *acción deliberada* de combinarlos con otra actividad agropecuaria. La conformación de un sistema busca optimizar la producción unidad pre-

dial a través de una diversificación, en la que los árboles cumplen un rol fundamental. Este rol se ve reflejado en que los árboles pueden proveer muchos productos tales como madera, alimento, forraje, leña, postes, materia orgánica, medicina, cosméticos, aceites y resinas entre otras. Por otra parte, los árboles son proveedores importantes de servicios como seguridad alimentaria, conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo, mejora del microclima, cercos vivos para los cultivos y árboles frutales, demarcación de límites, captura de carbono, estabilización de cuencas, protección de la biodiversidad, recuperación de tierras degradadas y control de maleza (Figura 6).

Figura 6. Efectos benéficos de la presencia de árboles en un predio agropecuario.



Los árboles pueden mejorar la productividad de un agroecosistema, al influir en las características del suelo, del microclima, de la hidrología y de otros componentes biológicos asociados. Modificado de Nair, 1989

Los árboles generalmente se pueden incorporar en un SAF como:

- Árboles en huertos caseros, cerca de las viviendas

- En praderas o áreas de pastoreo

- Asociados con cultivos agrícolas

- Cercos de protección o linderos

- Cortinas rompevientos

- Montes de reparo

- Productores de madera y leña

Sin embargo, para hacer un uso eficiente de las especies se requiere conocer sus cualidades y propiedades. Es importante conocer su adaptación a condiciones regionales (suelo, clima, manejo), tamaño y hábito de crecimiento incluyendo el sistema radicular ya que en gran parte el sistema radicular determina los tipos de asociaciones o combinaciones de los árboles con otros cultivos. En este sentido es importante considerar a los **árboles multipropósito**.

Árboles de uso múltiple (AUM) o árboles multipropósito

Budowsky (1987) los define como árboles que, en adición de los productos y servicios normalmente esperados como madera, influencias microclimáticas, mejoramiento del suelo y adición de materia orgánica, también proporcionan productos y servicios adicionales tales como fijación de nitrógeno, forraje, alimentos, gomas, fibras y productos medicinales. Burley y von Carlowitz (1984) mencionan que un árbol de usos múltiples (AUM) es una perenne leñosa, cultivada deliberadamente para proveer más de una contribución importante a la producción o servicio (protección, sombra) del sistema de uso de la tierra que él ocupa. Por su parte Nair (1993), define un árbol de usos múltiples en un contexto agroforestal, como aquel que provee múltiples productos de uso económico y al mismo tiempo se combina bien tanto económica como ecológicamente con los otros componentes de ese sistema agroforestal.

El AUM no es sólo aquél que ha demostrado potencial para proveer un conjunto de bienes y servicios, sino aquél cuyos potenciales pueden ser desarrollados y mejorados a través de novedosos sistemas de manejo. Las premisas para nominar a una especie como AUM son (Wood, P.J. et Burley, J. 1993):

- (a) Toda leñosa perenne es un AUM circunstancialmente.
- (b) No toda leñosa perenne puede ser un AUM para todo SAF
- (c) Las funciones de un AUM dependen de las demandas del SAF

Un ejemplo de AUM son las leñosas forrajeras, leguminosas o no, como la morera (*Morus alba*). Las especies arbóreas y arbustivas son útiles como suplemento dietético para animales en pastoreo, por su alto contenido de proteína y energía y otros elementos indispensables para los animales.

Antecedentes de la agroforestería

La agroforestería se practica desde hace muchos años en numerosas partes del mundo. Sus formas varían considerablemente de un paisaje a otro, de un país a otro y de una región a otra, en función de las necesidades y la capacidad de las personas, condiciones ambientales, culturales y socioeconómicas prevalecientes (FAO). Si bien el término “Agroforestería” fue acuñado por primera vez en 1977, los sistemas de uso de la tierra con interacción de árboles y cultivos se han practicado durante miles de años, y tradicionalmente han sido elementos importantes del paisaje agrícola en las regiones tropicales y templadas de todo el mundo. Las primeras etapas de la historia de la agricultura fueron dominadas por la agricultura migratoria, con alternancia de períodos de agricultura y

silvicultura. Posteriormente, se desarrollaron sistemas más estables con la participación del pastoreo y bosques silvopastoriles, cuyo propósito fue la transferencia de nutrientes al sistema a través del estiércol (Farfan, 2014). Es decir, el uso de los árboles y cultivos o ganado combinados, es una antigua práctica que los agricultores han utilizado a través de la historia de la humanidad. King (1987) hace un recuento de la Agroforestería y específicamente menciona que, en Europa, antes de la Edad Media, fue una costumbre general limpiar áreas degradadas, quemar y posteriormente cultivar plantas alimenticias. Esto se hacía en diferentes épocas en el área limpia, y se sembraban y plantaban árboles, antes, durante y después de los cultivos agrícolas. En América Tropical, diversas comunidades han simulado las condiciones del bosque para obtener efectos beneficiosos de los ecosistemas forestales. Por ejemplo, en América Central, la roza, tumba y quema ha sido una práctica tradicional por mucho tiempo. Cuando los españoles llegaron a América, los SAF eran la manera de producir de las comunidades originarias. Según Fassola et al. (2009) la evolución de las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales en zonas tropicales y subtropicales tienen una similitud con la trayectoria de las mismas en nuestro país. Las prácticas silvopastoriles se plantearon en el país, fundamentalmente en el NEA. Según los autores, instaurado el modelo silvopastoril comienzan a surgir demandas conducentes al desarrollo de modelos agroforestales de mayor complejidad donde el estudio de las interacciones y sus efectos conduce a nuevos modelos productivos donde la obtención de alimentos estará permanentemente presente acompañando la producción forestal. A escala mundial se calcula que mil millones de hectáreas son ocupadas por sistemas agroforestales y silvopastoriles. En América Latina y en el Caribe, estos sistemas productivos probablemente superen las 300.000.000 de hectáreas, asociando en diferentes regiones cultivos, pasturas y ganado con árboles y arbustos (Peri et al., 2015).

Definiciones

Agroforestería

Según Solorio et al (2009) se han hecho innumerables esfuerzos para definir la Agroforestería. Los primeros intentos comenzaron en la década de los 70, a finales de esta década y a principios de los 80, se presentaron numerosas definiciones, las cuales eran muy extensas y contenían más bien cualidades o propiedades, que elementos de definición. Las primeras definiciones de Agroforestería son de los años setenta, definiéndola como un sistema sostenible de manejo de tierras que aumenta la producción, combinando simultáneamente o secuencialmente cultivos agrícolas (frutales u hortalizas), plantas forestales y/o animales, y aplicando prácticas de manejo que sean compatibles con los patrones culturales de la población local (Bene et al., 1977). Combe y Budowski (1979) a su vez, indican que la agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de tierras, que implican la combinación de árboles forestales, ya sea con ganadería o con cultivos y la combinación puede ser escalonada en el tiempo o en el espacio, con el objeto de optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido. En 1982, el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF) la definió como un sistema de uso de la tierra en el que se combinan deliberadamente, de manera consecutiva y simultánea, en la misma unidad de

aprovechamiento de tierra, especies arbóreas perennes con cultivos agrícolas anuales y o animales, a fin de obtener una mayor producción. Young (1989) indica que la Agroforestería representa un enfoque en el uso integral de la tierra, que involucra una mezcla o retención deliberada de árboles y otras leñosas perennes en el campo de la producción agropecuaria, que la misma se beneficia de las interacciones ecológicas y económicas resultantes”. Por último, Budowski (1993) aporta la siguiente definición de Agroforestería, que integra casi todos los elementos citados: “Agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de tierras que implica la combinación de árboles con cultivos o con animales, o la combinación de los tres. Tal combinación puede ser simultánea o secuencial, manteniendo el principio de rendimiento sustentable. En esta combinación debe haber una interacción significativa”. Ospina (2003) recuperó más de cincuenta definiciones de Agroforestería y otros términos equivalentes y también presenta la evolución del término a partir de aspectos o descriptores que identificó en su investigación.

Como se mencionó anteriormente, la agroforestería es un área interdisciplinaria que incluye interacciones entre árboles, personas y agricultura (Sinclair, 2004; Kass, 1992.). Como nudo interdisciplinar, se basa en la silvicultura, la agricultura, la ganadería, la acuicultura y la piscicultura, el manejo del recurso tierra y otras disciplinas, que, en conjunto, constituyen el enfoque sistemático del uso de la tierra (Tabla 1). Esto permite un uso de la tierra más diverso, integrado, productivo, provechoso, saludable y sostenible.

Tabla 1: Análisis de la disciplina agroforestería

Como ciencia	Como opción social	Como práctica productiva
Es interdisciplinaria e integradora, conjunta varias perspectivas	Debe ser compatible con los hábitos de la población local	Debe ser deliberada
Requiere de un entendimiento de las relaciones biofísicas y socio-económicas que se dan en ella	No es una alternativa en sí, su optimización circunstancial la hace tal	Debe estar presente al menos una especie leñosa
		Gestiona en un mismo espacio de tierra, cultivos (herbáceos o arbustivos o arbóreos), o animales
		Intenta optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles en una primera instancia y en su ciclaje
		Soportan un arreglo espacial o temporal
		Objetiva la maximización del rendimiento en el largo plazo
		Ofrece múltiples salidas

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Agroforesteria>

Según otros autores, la agroforestería es una ciencia, cultura y arte, que reúne conocimientos científicos y tecnológicos, teóricos y prácticos, modernos y ancestrales, para la generación de sistemas de producción sustentables, que considera la asociación de leñosas perennes (árboles, arbustos, palmeras, bambú, cactáceas y hierbas gigantes) con cultivos (agrícolas o forrajeros) y/o cría de animales en la misma unidad de tierra. Implica un proceso dinámico como modelo de conservación-productiva en donde la valoración e integración de los recursos naturales con bases agroecológicas permiten enfrentar los problemas actuales y otros emergentes (Moreno Calles et al, 2020).

La agroforestería, en definitiva, es un sistema de manejo sostenible de los cultivos y del suelo, mediante el cual se busca aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de las especies arbóreas con cultivos de valor económico, entre los cuales se incluyen pastos para la producción animal (Torquebiaeu, 1993), con aplicación de prácticas de manejo compatibles con las prácticas culturales locales (Durán, 2004).

Sistemas agroforestales

Nair (1985) definió a los sistemas agroforestales (SAF) en los siguientes términos: “son sistemas de uso de la tierra en los que leñosas perennes (árboles, arbustos, etc.) crecen en asociación con plantas herbáceas (cultivos, pastos) y/o animales en un arreglo espacial, en rotación o ambos, y en los cuales hay interacciones, tanto ecológicas como económicas, entre el componente arbóreo y no arbóreo del sistema”.

Vega (1992) a su vez los define como la forma de uso del suelo que es específico a una localidad y descrito de acuerdo con su composición y arreglo biológico, el nivel de manejo tecnológico o las características socioeconómicas.

Montagnini (1992) define los sistemas agroforestales como formas de uso y manejo de los recursos naturales en las cuales especies leñosas (árboles, arbustos y palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal.

González y Aguilera (2003) indican que son un conjunto de tecnologías de uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, etc.) se utilizan deliberadamente en el mismo sistema de manejo con cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal.

Dupraz (2008) define a un SAF como una asociación en una misma superficie de árboles y producciones agrícolas, promoviendo sus interacciones y estudiando las interrelaciones de competencia y facilitación entre árboles y cultivos.

Sotomayor (2008) recalca que los SAF favorecen una cierta armonía entre la actividad del hombre y las fuerzas naturales de la sucesión, dado que son una forma de utilizar la tierra bajo el principio de uso múltiple, en forma integral, satisfaciendo las necesidades humanas.

Cualquiera de las definiciones anteriores es válida e igualmente importante; en todas se menciona la importancia de la integración del componente vegetal (árboles, cultivos) el componente animal y su relación con el suelo y el ambiente.

Todas incluyen las siguientes premisas:

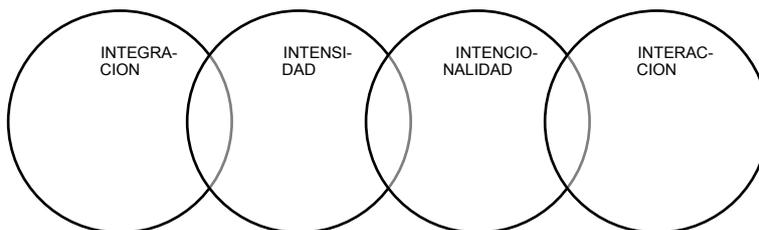
<ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas agroforestales son un conjunto de técnicas de manejo de la tierra, o un sistema de uso de la tierra
<ul style="list-style-type: none"> • En los sistemas agroforestales existe una combinación, ya sea simultánea o secuencial, en el tiempo o en el espacio de los diferentes componentes (árbol, cultivo, animal).
<ul style="list-style-type: none"> • El objetivo principal de los sistemas agroforestales es la optimización de la producción, manteniendo el principio de rendimiento sostenido
<ul style="list-style-type: none"> • Para que los sistemas agroforestales sean sostenibles debe existir una conjugación de los aspectos ecológicos y sociales con los económicos.

En forma práctica, es un término empleado para designar un conjunto de prácticas y sistemas de uso de la tierra ya tradicionales en regiones tropicales y subtropicales. En la mayoría de los sistemas agroforestales se aplican varias prácticas. Cualquiera de estas prácticas alcanza a ser un sistema cuando éste es desarrollado en forma generalizada en una región como para formar un tipo definitivo de utilización del suelo en esa área. Una tecnología agroforestal, significa una innovación o mejoramiento, generalmente a través de una intervención científica que puede ser aplicada en el manejo de un sistema o práctica. (Solorio et al, 2009).

En base a las definiciones se puede establecer que los SAF deben cumplir con “**las 4 i**” (Figura 7):

1. Intencionalidad (combinación deliberada - diversificación)
2. Intensidad (prácticas de manejo intensivo)
3. Interactividad (interacciones biológicas y físicas entre componentes - sustentabilidad)
4. Integración (unidad de manejo)

Figura 7. Las 4 i



Características fundamentales de los Sistemas Agroforestales

Los SAF tienen sus propias reglas y algunas características que los definen, entre los cuales podemos mencionar (Arévalo, 1999):

Límites: pueden ser naturales o artificiales y claramente definen lo que es endógeno (interno) y exógeno (externo) con relación al sistema.

Estructura: es el arreglo espacial o temporal de los componentes del sistema y su arreglo entre los componentes.

Función: está relacionada a los insumos que entran al sistema y los productos que se obtienen a partir de ellos.

Situación: indica la condición en que se encuentra el sistema: en desarrollo, estable o en declive.

Un SAF sólo está correctamente definido si las tres primeras características mencionadas son claramente conocidas.

Los atributos que caracterizan a los sistemas agroforestales son la productividad, sostenibilidad y adaptabilidad.

Objetivos de los SAF

Los objetivos o beneficios de un SAF pueden ser diferentes para cada situación y región del mundo y se clasifican en generales, biológicos-ambientales o económicos-sociales (Tabla 2). Algunos de estos son ampliamente reconocidos, como: mejor protección y mejoramiento del suelo; más de un tipo de cosecha o producto para los propietarios, lo cual le asegura una mayor estabilidad y retornos económicos en el mediano y largo plazo; obtención de subproductos como, leña, postes, miel y otros, que mejorará la calidad de vida de los propietarios; dado el reconocido aumento en la eficiencia biológica del sistema, ayudará a un incremento de la productividad no solo para un productor, sino que para toda la comunidad o región (<https://agroforesteria.infor.cl/index.php/definiciones-saf/que-es-agroforesteria>)

Tabla 2. Objetivos de los SAF. Adaptado de Mercer, 1985

Generales	Biológico ambientales	Económico sociales
Aumentar la productividad vegetal y animal	Mejor utilización del espacio.	Disminuir los riesgos del agricultor.
Asegurar la sostenibilidad a través de la intensificación apropiada del uso de la tierra	Aumentar la fijación de carbono y N	Evitar la dependencia de un solo cultivo
Combinar lo mejor de la experiencia tradicional con los nuevos conocimientos.	Mitigar los efectos perjudiciales del sol, el viento y la lluvia sobre los suelos.	Diversificar la producción de alimentos
	Manejo de plagas	Producir madera, leña y otros materiales diversos que sirvan para la subsistencia del agricultor, el uso industrial o la exportación
	Minimizar la escorrentía del agua y pérdida del suelo	

Dónde se pueden establecer SAF

Las técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales; en regiones con suelos fértiles los sistemas agroforestales pueden ser muy productivos y sostenibles; igualmente estas prácticas tienen un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas con problemas de baja fertilidad, exceso ó escasez de humedad de los suelos (Figueroa, 2009).

Los sistemas agroforestales se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural. En razón a lo anterior, se persiguen objetivos tanto ecológicos como económicos y sociales (Renda, 1997).

En general la aplicación de técnicas agroforestales puede consolidar o aumentar la productividad de sistemas agropecuarios y plantaciones forestales de muy diversas dimensiones, o por lo menos, evitar que haya degradación del suelo y pérdida de productividad a través del

tiempo. Desde el punto de vista biológico, las técnicas agroforestales permiten combinar especies con requisitos ambientales diferentes para mejorar el aprovechamiento de la energía radiante, utilizando tanto el espacio vertical como horizontal. Debido a la estructura vertical proporcionada por los árboles y otras especies leñosas, pueden convivir plantas y cultivos con diferentes requerimientos de luz, protegiendo al suelo de los efectos del sol, el viento y las fuertes lluvias que caracterizan al trópico (Iglesias, 1999).

Ventajas de los sistemas agroforestales

Los SAF presentan ciertas ventajas (Nair, 1982, 1983; Lundgren y Raintree, 1983), entre las principales podemos mencionar:

1. Producción de una gran variedad de productos para la venta y autoconsumo,
2. Un flujo de ingresos estable y sostenido a través del tiempo,
3. Menor riesgo para los agricultores con poco capital,
4. Mantenimiento de la fertilidad natural del suelo debido al incremento de la materia orgánica,
5. Mejoramiento de las propiedades físicas del suelo,
6. Crea un microclima que puede ser benéfico para ciertas plantas y/o animales (por ejemplo, modificaciones de luz, temperatura, humedad, viento, etc.).

Conclusiones

Cuando hablamos de desarrollo sostenible nos referimos precisamente a la gestión y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico para satisfacer las necesidades humanas de las generaciones presentes y futuras.

Los sistemas agroforestales derivan de una concepción ecológica de los sistemas de cultivo, entendiendo la ecología como una de las tres ciencias principales que tratan del uso de la tierra, junto a la agricultura y la silvicultura. Según Mario Galetti, especialista del INTA Balcarce,

la diferencia principal es que en los sistemas agroforestales se pone especial énfasis en la integración y en las interacciones entre los elementos, en lugar de ocuparse de ellos en forma individual. En tal sentido, aclara que la agroforestería tiene muchas similitudes con la agroecología, la cual se caracteriza, entre otros aspectos, por la combinación en una misma parcela de diferentes cultivos, intercalándolos de forma de no agotar los suelos y potenciar las interacciones positivas entre los componentes del agroecosistema". (<https://inta.gob.ar/noticias/sistemas-agroforestales>).

Referencias

- Arevalo L. (1999) www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-i4/inia-i4-02.htm
- Becht, G. (1974) Systems theory, the key to holism and reductionism. *Bioscience* 24(10): 579- 596.
- Beer, J.; Harvey, C; Ibrahim, M.; Harmand, J.M.; Somarriba, E. y Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*. 10 (37-38):80
- Bene, J.G., Beall, H.W., y Cote, A. (1977). *Food and people: Land management in the tropics*. IDRC, Ottawa.
- Budowski, G. (1993) *Agroforestería: una Disciplina Basada en el Conocimiento Tradicional*. Revista Forestal Centroamericana. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Burley, J. & von Carlowitz, P. (1984). Multipurpose tree germplasm. *Proceedings of a Planning Workshop*. Nairobi, Kenia. 223 p
- Combe, J; Budowsky, G. (1979) Clasificación de las Técnicas Agroforestales. Una Revisión de Literatura. Taller de Sistemas Agro-Forestales en América Latina. Catie-Unu, Turrialba, Costa Rica
- Detlefsen, G., López Sampson, A., Somarriba, E., Ordoñez, Y., Andrade, H., Quiros, D., Venegas, G., Ibrahim, M., Pezo, D., Kent, J., Ammour, T., Zapata, P., Orozco-Aguilar, L., Salgado Vásquez, J., Schlönvoigt, A. y Beer, J. (2012). Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica.
- Dupraz, C. y Liagre, F. (2008). *Agroforesterie, Des arbres et des cultures*. Ed. France Agricole.
- Durán V., Y. (2004). *Sistemas agroforestales*. [En línea]. Santa Fé de Bogotá, Colombia: UNAD, 56 p. Disponible en: <http://www.unad.edu.co/pages/cursos/agrarias.htm>
- Farfán V., F. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Manizales, Caldas (Colombia). 342 p.
- Fassola H. E 1, Lacorte S. M., Pachas A. N.; Goldfarb C.; Esquivel J.; Colcombet L., Crechi E. H., Keller A., Barth S. R. (2009). Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. XIII Congreso Forestal Mundial Buenos Aires, Argentina.
- Figueroa, Emilio. (2009). *Sistemas Agroforestales*. 10.13140/RG.2.2.20194.99525.
- Gallusser S., s/f; Estudio comparativo sobre sistemas integrados de producción y sistemas agroforestales en el departamento de San Martín, Perú; 56p.
- Giraldo, Luis A. (1996). El Potencial de los sistemas silvopastoriles para la ganadería sostenible. *Pasturas Tropicales*. CORPOICA, Memorias del curso, Medellín. 194p.
- González, M. O. & M.F. Aguilera. (2003). Capítulo V: Uso de modelos agrosilvícolas. Disponible en <https://agroforesteria.infor.cl/>. Último acceso: febrero 2021.
- ICRAF. (1998) Home Page. [Http://www.cgiar.org/icraf](http://www.cgiar.org/icraf)
- Iglesias J. M. (1999). "Sistemas de producción agroforestales, conceptos generales y definiciones", *Pastos y Forrajes*, 22:287.
- Kass, D. C. L. (1992). "Agroforestales", Conferencia Curso Internacional "Desarrollo de Sistemas Agroforestales" (Mimeo), CATIE Turrialba, Costa Rica.
- Montagnini, F.; Prevetti, L.; Thrupp, L. A.; Beer, J.; Borel, R.; Budowski, G.; Espinoza, L.; Heuveldop, J.; Reiche, C.; Russo, R.; Salazar, R.; Alfaro, M.; Rojas, Is; Berstch, F; Fernández,

- E.; González, M.; Alvim, R.; Shahe-Duzzaman, Md. & Nichols, D. (1992). Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos, Organización para Estudios Tropicales - OET-, San José, Costa Rica.
- Moreno Calles, A.; Galicia-Luna, V.; Casas, A.; Toledo, V.; Vallejo, M.; Fita, D. y Camou-Guerrero, A. (2014). La Etnoagroforestería: el estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*. 12. 1-16.
- Moreno Calles A., Palma García JM, Soto-Pinto L, Rosales Adame JJ, Sosa Fernández V, Montañez Escalante P., Cariño M, Ruenes Morales R., Moctezuma Pérez S. y López Martínez W. (2020). Los sistemas agroforestales de México. *ArgentinaForestal.com*
- Nair, P. R. (1993). *An introduction to agroforestry*. Springer Science & Business Media.
- Nair, P.K.R. (1985) *Classification of Agroforestry Systems*. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, Holanda
- Nair, P.K.R., (1997). *Agroforestería*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 3-14
- Ospina (2003). *Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. ACASOC, Cali, Colombia
- Peri, Pablo; Montagnini, Florencia; Goldfarb, Cristina. (2015). 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / ACTAS. Ediciones INTA.
- Renda, A. (1997). *La agroforestería en Cuba*. Santiago de Chile: Oficina regional de la FAO
- Sánchez L., J.A. (2003). *La agroforestería y el desarrollo sostenible*. San Pedro Sula: FHIA, 19 p.
- Sinclair, F. L. (2004). "Agroforestry", Elsevier, University of Wales, Bangor, UK
- Solorio F., Petit Aldana J, Casanova Lugo F, Ramirez Saviles L. (2009) .Notas de curso: Diseño y Evaluación de Sistemas Agroforestales
- Sotomayor, A.; García, E.; González, M.; Lucero, A. (2008). "Modelos Agroforestales, alternativa productiva para un desarrollo sustentable de la agricultura campesina en Chile", Mauricio Ponce Donoso, Marcia Vázquez Sandoval (Eds.). 4.º Congreso Chileno de Ciencias Forestales, Universidad de Talca, 1 al 3 de octubre de 2008, Talca, Chile. DOI: 10.13140/RG.2.1.4826.0881
- Tercer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz: Ediciones INTA, (2015).
- Torquebiau, E. (1993). *Conceptos de agroforestería: Una introducción*. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo, 89 p.
- Vega, L.E. s/f. Seminario Taller sobre Metodologías para la Evaluación de Sistemas Agroforestales. *La Agroforestería en Colombia: una Visión de su Desarrollo*. 10p.
- Wood, P.J. et Burley, J. (1993) *Les arbres à usages multiples: Introduction et évaluation pour l'agroforesterie*. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, Centre International pour la Recherche en Agroforesterie. Bruxelles, Belgique. pp. 11-21
- Young, A. (1989) *Agroforestry for soil conservation: science and practice*. Nairobi, Kenya: CAB International and ICRAF.

CAPÍTULO 2

Clasificación de los SAF

Sandra Elizabeth Sharry

Introducción

Este capítulo brinda una compilación y re-elaboración de la clasificación de los SAF en base a la bibliografía vigente referenciada. Existen varias clasificaciones de los sistemas agroforestales, sin embargo, clasificar los sistemas agroforestales con sus variantes ambientales y de sitio ha sido una labor difícil que tomó mucho tiempo sin alcanzar consenso ni una clasificación global. En este contexto, el ICRAF realizó un inventario mundial de SAF entre 1982 y 1987, cuyos resultados dieron lugar a un esquema de clasificación que es generalmente aceptado en la actualidad (Nair, 1989). Dicho inventario estuvo diseñado para recopilar, reunir, sintetizar y difundir información sobre los SAF existentes en los países en desarrollo. Este proyecto también permitió generar una lista de las principales plantas herbáceas y leñosas perennes reportadas como componentes de los sistemas existentes y sus principales usos en diferentes regiones (Botero y Russo, 2020). La clasificación de los sistemas agroforestales es necesaria con el fin de comprender los diferentes tipos, proveer un marco conceptual que permita evaluarlos y desarrollar planes de acción para su diseño y establecimiento.

Clasificación de los sistemas agroforestales

Existe profusa y variada bibliografía que clasifica a los SAF en base a diferentes consideraciones. Así los SAF han sido clasificados según su **estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características ecológicas, sociales y económicas prevalentes**. Combe y Budowski (1979) los clasifican en base a los productos que se pueden obtener y el tipo de combinaciones entre los componentes. La Office of Technology Assessment (1984) se basa en la escala y los objetivos de producción y establece que son sistemas agroforestales comerciales, de subsistencia e intermedios. Nair (1985) propone una clasificación para evaluar la efectividad de un sistema agroforestal y preparar la estrategia de implementación.

Esta clasificación agrupa y categoriza los sistemas agroforestales de acuerdo a los siguientes criterios (Cuadro 1):

- **Bases estructurales:** referido al arreglo de los componentes del sistema, esto incluye las mezclas espaciales del componente arbóreo, la estratificación vertical del componente mixto y el arreglo temporal de los diferentes componentes.
- **Bases funcionales:** referida a la principal función del sistema, principalmente la del componente arbóreo (esta puede ser productiva, por ejemplo: producción de alimentos, forrajes, leña o también protectora, ejemplo: cortinas rompe vientos, conservación de suelos).
- **Bases socioeconómicas:** referidas al nivel de inversión del manejo (altas o bajas inversiones) o debidas a la intensidad o escala de manejo y a los objetivos comerciales (de subsistencia, comercial o intermedio).
- **Bases ecológicas:** referidas a las condiciones ambientales y a la adaptabilidad de los sistemas ecológicos sobre el supuesto de que ciertos tipos de sistemas pueden ser más apropiados para ciertas condiciones ecológicas. De este modo puede haber un grupo de sistemas agroforestales para tierras áridas y semiáridas y otro para tierras altas y bajas tropicales.

Estas bases amplias de clasificación de sistemas agroforestales no son independientes o mutuamente exclusivas. Tienen que ser interrelacionadas porque la base estructural y funcional está relacionada con el componente arbóreo en el sistema; también se considera la estratificación socioeconómica y ecológica referida a la organización de los sistemas de acuerdo a ciertas condiciones definidas (Solorio et al.2010).

Cuadro 1. Clasificación de SAF

ESTRUCTURA	TIEMPO	FUNCION	SOCIO-ECONOMICAS	ECOLOGICAS (según zonas)
Agrosilvopastoriles	Secuenciales	Productivos	De subsistencia	De zonas áridas
Silvopastoriles	Simultáneos	Protectores	Comercial	Tropicales
Agrosilvícola			Intermedio	Otros zonas

Por su parte, Iglesias (2015) recomienda una clasificación y ejemplos en la que se toma en cuenta los **aspectos estructurales y funcionales** como base para agrupar los sistemas en cuatro grandes grupos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipos de SAF en base a los aspectos estructurales y funcionales

Tipos	Ejemplos
<i>Sistemas agrosilvoculturales</i> (árboles con cultivos)	Cultivo en callejones (alley cropping) Árboles de sombra sobre cultivos perennes Huertos caseros Barbechos mejorados Rompevientos y cercas de protección Sistemas Taungya Mezcla de perennes con otros cultivos Agroforestería para la producción de leña
<i>Sistemas silvopastoriles</i> (árboles con ganadería)	Cercas vivas Pastos con árboles Bancos de proteína Integración de animales con producción de madera
<i>Sistemas agrosilvopastoriles</i> (árboles con cultivos y ganadería)	Huertos caseros con animales Hileras de arbustos para alimentar animales, conservación del suelo y abono Producción integrada de cultivos, madera y animales

Fuente: Iglesias, 2015.

A su vez, autores como Arias Nery (2017) diferencian **Sistemas Agroforestales** (SAF), de **Sistemas Agroforestales Simultáneos** (SAS). La principal diferencia radica en que los primeros son una forma de uso de la tierra donde plantas perennes, interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales, aunque el manejo de cada componente es independiente uno del otro, se trabajan aisladamente. Por el contrario, los SAS se implantan en el mismo momento y son manejados de forma integrada, en beneficio mutuo de sus diferentes componentes. Ambos sistemas se orientan a permitir actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural. En consecuencia, persiguen objetivos tanto ecológicos como económicos y sociales (González y Aguilera, 2003).

Otra clasificación está basada en el **tipo de componente incluido y la asociación entre los componentes**. De ese modo, los sistemas agroforestales se clasifican como se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de SAF basada en el tipo de componente incluido y la asociación entre los componentes.

Tipo	Ejemplos
<i>Sistemas agroforestales secuenciales</i>	Agricultura migratoria Taungya
<i>Sistemas agroforestales simultáneos</i>	Asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes. Huertos caseros mixtos. Sistemas agrosilvopastoriles.
Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos.	Estos consisten en hileras de árboles que determinan una propiedad o sirven de protección para otros componentes o sistemas.

Fuente: Iglesias, 2015.

De acuerdo con **el tipo de cultivo asociado, la función principal del componente forestal y su distribución en el espacio y el tiempo**, se llega a un arreglo múltiple y complicado de los sistemas agroforestales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Según el tipo de cultivo asociado, la función principal del componente forestal y su distribución en el espacio y el tiempo.

Tipo	Ejemplos
<i>Sistemas silvoagrícolas</i>	Sistemas Taungya o agrosilvicultura Árboles de valor en los cultivos Árboles frutales en los cultivos Árboles productores de sombra en los cultivos y/o mejoradores de la fertilidad del suelo Cercas vivas Cortinas rompevientos Cultivos en fajas o callejones Sistemas agroforestales múltiples Huertos caseros
<i>Sistemas agrosilvopastoriles</i>	Cultivos y ganadería simultánea en plantaciones. Árboles asociados a los cultivos y ganadería. Cercas vivas alrededor de comunidades rurales

<i>Sistemas silvopastoriles</i>	Pastoreo (o producción de forraje) en las plantaciones forestales. Pastoreo (o producción de forraje) en bosques secundarios. Árboles maderables en los pastizales. Árboles de servicios en los pastizales. Árboles frutales en los pastizales. Árboles forrajeros. Cercas vivas.
---------------------------------	---

Fuente: Iglesias, 2015.

Según Aldana Vargas (2017), otro tipo de SAF son los **Sistemas Especiales** (Cuadro 5).

Cuadro 5. SAF especiales.

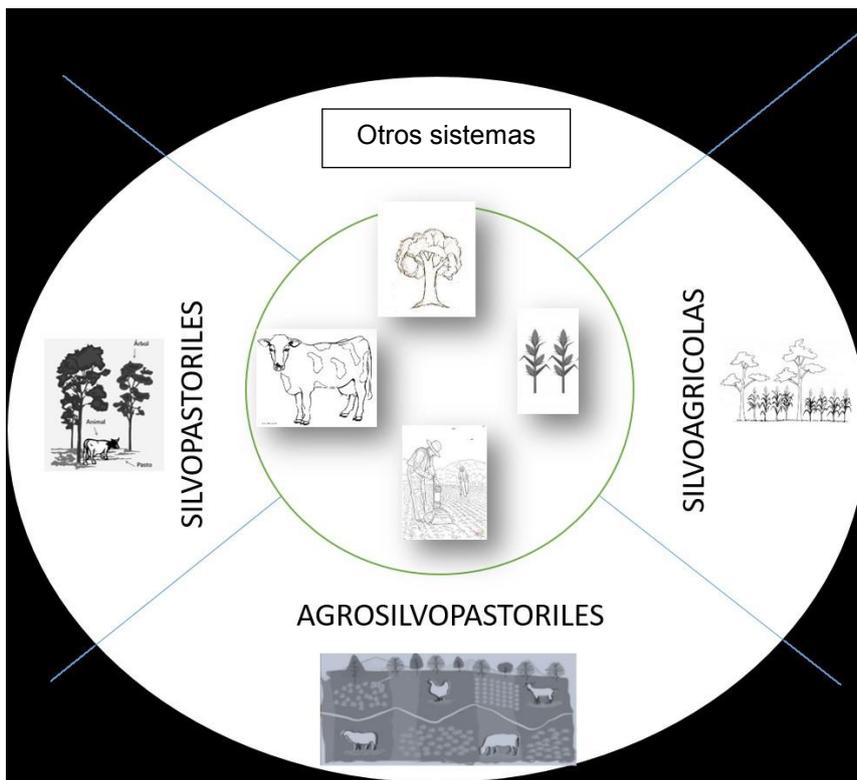
Sistemas especiales	Ejemplos
<i>Silvoentomología</i>	Árboles para apicultura
<i>Silvoacuacultura</i>	Árboles para piscicultura

Fuente: adaptado de Vargas, 2017.

Por su importancia y generalización a nivel mundial aparecen en casi todas las clasificaciones anteriores los sistemas Taungya, los huertos caseros mixtos o tradicionales, los cultivos en callejones, los árboles de sombra sobre cultivos perennes y la agricultura migratoria con manejo de barbechos.

Para reducir la complejidad en la clasificación de los sistemas agroforestales Nair (1989) recomienda que se tengan en cuenta sólo **los aspectos estructurales y funcionales** como base para categorizar los sistemas (*agrosilviculturales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles*, Figura 1) y **los factores socioeconómicos y agroecológicos** como base para la agrupación de los sistemas para propósitos definidos.

Figura 1. Clasificación de los sistemas agroforestales basados en la naturaleza de los componentes.

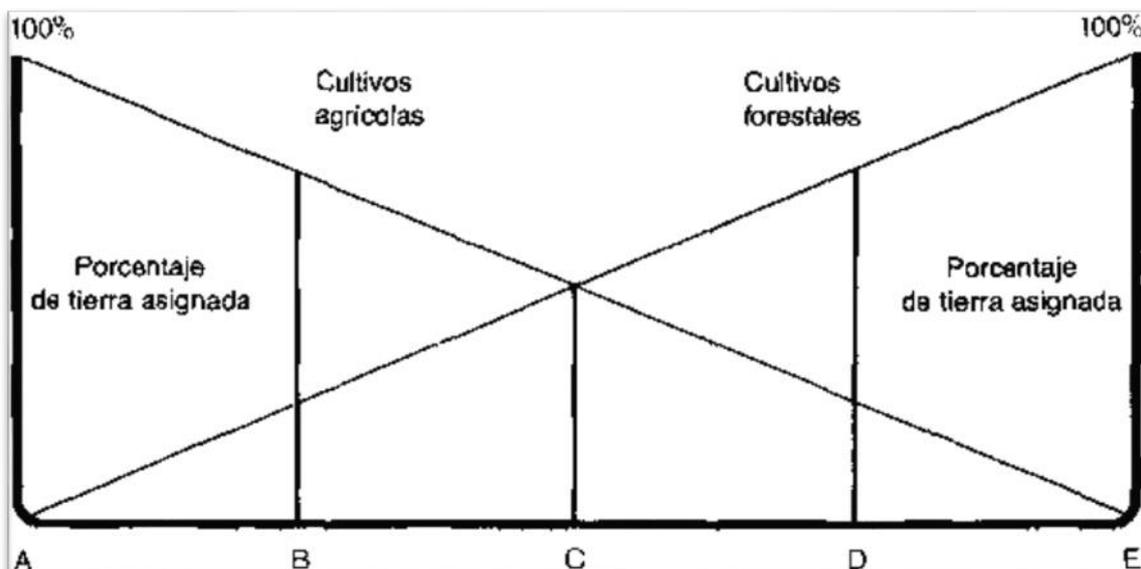


Fuente: modificado de Nair, 1985.

Es importante señalar que la implementación de un sistema agroforestal puede tener resultados a corto, mediano y largo plazo y su impacto será mayor o menor de acuerdo con la forma de seleccionar el sistema, las especies involucradas y el análisis de las variables que pueden afectar el desarrollo del mismo, como son las características del suelo, relieve, clima y el régimen de lluvias (Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015).

Debido a la competencia por el espacio entre los principales elementos (la silvicultura y la agricultura), un elemento de la superficie asignada a uno de ellos produce automáticamente una reducción de la asignada al otro, suponiendo naturalmente que la superficie total sea siempre la suma de esas dos. En la Figura 2, por ejemplo, el punto A en el extremo izquierdo indica que el 100% de la superficie está asignada a la agricultura. Del mismo modo, a la derecha (punto E) la superficie está totalmente destinada a la silvicultura. En cualquier punto entre esos dos extremos habrá sistemas agroforestales con proporciones variables en la asignación de tierras. En el punto B, por ejemplo, la agricultura domina, por lo que el sistema puede denominarse «agrosilvicultura». En cambio en el punto D domina la silvicultura, por lo que el sistema puede denominarse propiamente «silvoagricultura». Puede darse una situación, como se indica en el punto C, en que ambas actividades reciban una proporción igual de la tierra. En ese caso puede usarse cualquiera de los dos términos (Vergara, 1985).

Figura 2. Tierras asignadas a los componentes en la agrosilvicultura.



Fuente: Vergara 1985

Clasificación en base a los componentes

Como se dijo anteriormente, de acuerdo a las bases estructurales, se definen los componentes, ya sea por su tipo y o por su arreglo en el espacio. Esta definición de componentes conduce a una clasificación sencilla de sistemas agroforestales (Figura 3).

Sistemas agrosilviculturales (SAS) (asociación de cultivos con árboles): son sistemas donde se usa la tierra para la producción secuencial o concurrente de cultivos agrícolas y cultivos leñosos. Se componen de una o varias especies arbóreas cuya producción es a largo plazo y entre ellas se plantan cultivos de cosechas de corto plazo (Santana Rodríguez, G., s/f)

Sistemas silvopastoriles (SSP) (asociación de árboles con pasturas y animales): sistemas de manejo de la tierra en los que los bosques plantados o nativos, se manejan para la producción de madera, alimento y forraje, como también para la ganadería y/o crianza de animales domésticos. Según Farfán (2014), los árboles cubren el piso inferior constituido por pastos, el piso inferior y algunas veces también el superior está dedicado a la producción animal. La producción de forraje bajo la cubierta arbolada puede dedicarse a los sistemas de corte. En estos sistemas pueden incluirse distintos tipos de animales. Son practicados a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complemento a la agricultura de subsistencia. El pastoreo de los animales en los bosques o áreas arboladas es una práctica bastante frecuente en los trópicos y climas templados. En los siguientes capítulos de este libro se describirán en detalle algunos ejemplos de establecimiento de SSP en Argentina. Estos sistemas ofrecen oportunidades importantes de producción animal al igual que la producción de madera, leña o postes para la construcción. Generalmente la biomasa de la vegetación en las áreas boscosas o de los montes es suficiente para mantener una buena cantidad de anima-

les (Farfán, 2014). Las entradas o componentes del sistema silvopastoril son los elementos que necesita el sistema para realizar los procesos, ellas son: el suelo, la pastura, los animales, los insumos (sales, abonos, drogas), maquinaria (Santana Rodríguez, S/F).

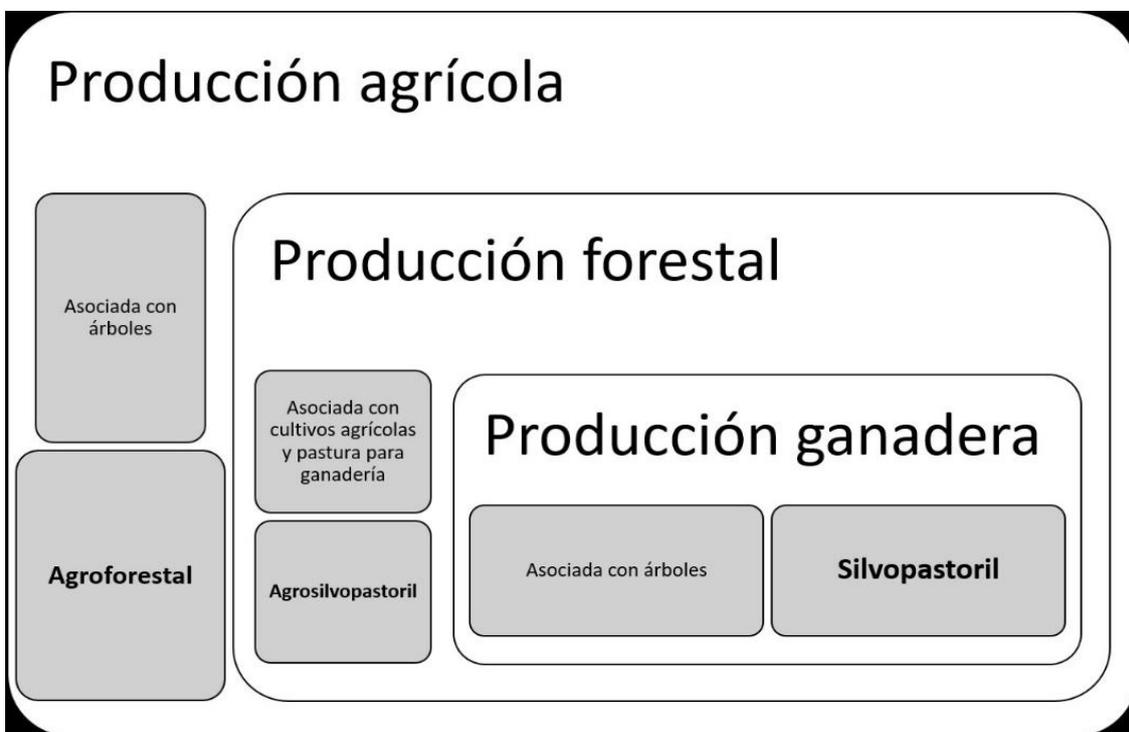
Sistemas agrosilvopastoriles (SASP): sistemas en los que la tierra se maneja para la producción concurrente de cultivos forestales y agrícolas y para la crianza de animales domésticos. Estos sistemas se caracterizan por utilizar una gran diversidad de especies anuales, perennes asociadas con animales manejados de tal forma que ocurren una gran cantidad de interacciones (positivas, negativas o ambas). La economía de estos sistemas se caracteriza por la obtención de ingresos, tanto a corto como a largo plazo, a través de los productos arbóreos y animales.

Las interacciones que se pueden dar entre los componentes de este sistema son (Arévalo, 1999):

- La presencia del componente animal cambia y puede acelerar algunos aspectos del ciclo de nutrientes.
- Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de los árboles.
- Los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales.

Las interacciones entre los componentes del sistema son de vital importancia, debido a que condicionan el éxito del sistema y proveen los principales puntos de intervención del hombre para su manejo (Giraldo, 1996).

Figura 3. Clasificación en base a los componentes.



Si bien en esta figura pueden indicarse más de dos elementos o componentes, es imposible mostrar el grado de predominio de cada uno de ellos. Fuente: elaboración propia.

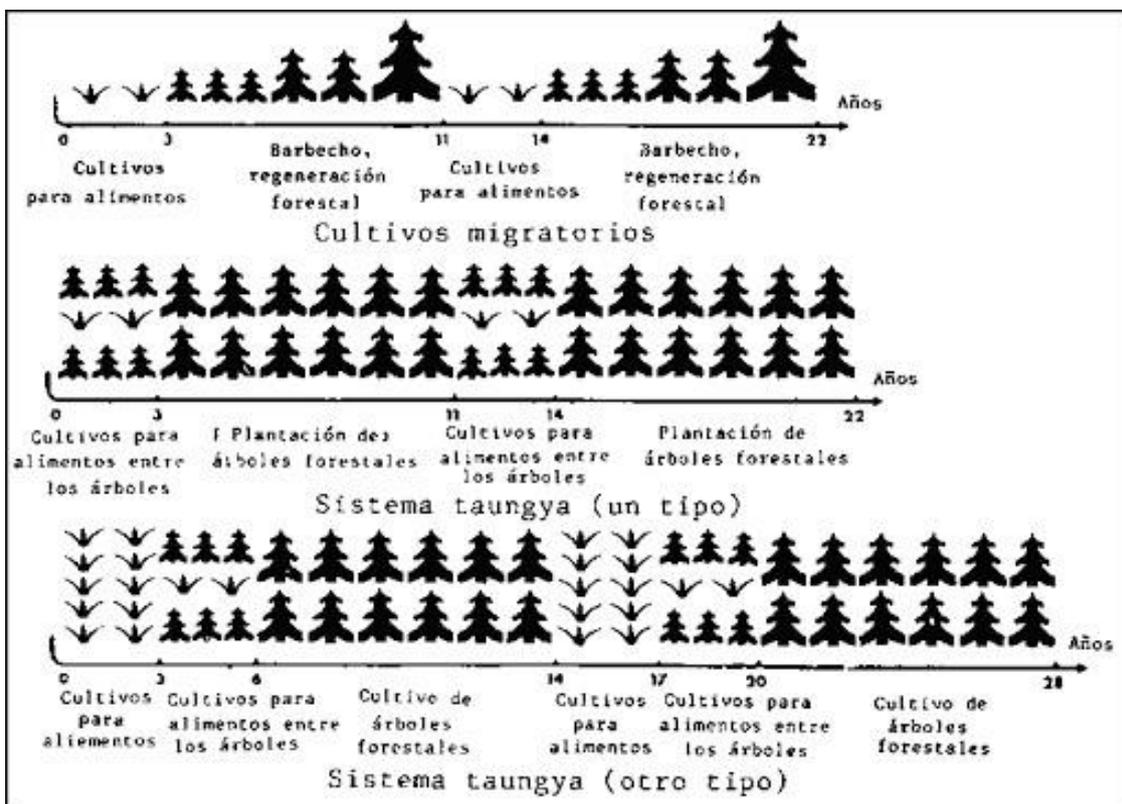
Clasificación en base al tiempo y el espacio

Sistemas Agroforestales Secuenciales

Se denominan así cuando existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos o sea que los cultivos anuales y las plantaciones se suceden en el tiempo. En esta categoría se encuentran los sistemas de agricultura migratoria y sistema Taungya (Figura 4).

En los sistemas secuenciales, las cosechas y los árboles se turnan para ocupar el mismo espacio. Los sistemas generalmente empiezan con cosechas agrícolas y terminan con árboles. La secuencia en el tiempo mantiene la competencia a un mínimo. Los árboles en un sistema secuencial deben crecer rápidamente cuando los cultivos no lo están haciendo, deben reciclar minerales de las capas de suelo más profundas, fijar nitrógeno y tener una copa grande para ayudar a suprimir plantas indeseables (Solorio et al. 2010).

Figura 4. Sistemas agroforestales secuenciales.



Si los árboles se han establecido antes o después del cultivo y permanecen después de la cosecha, se le denomina sistema secuencial. Fuente. Estudio FAO Montes 64: Cultivo de Árboles por la Población Rural

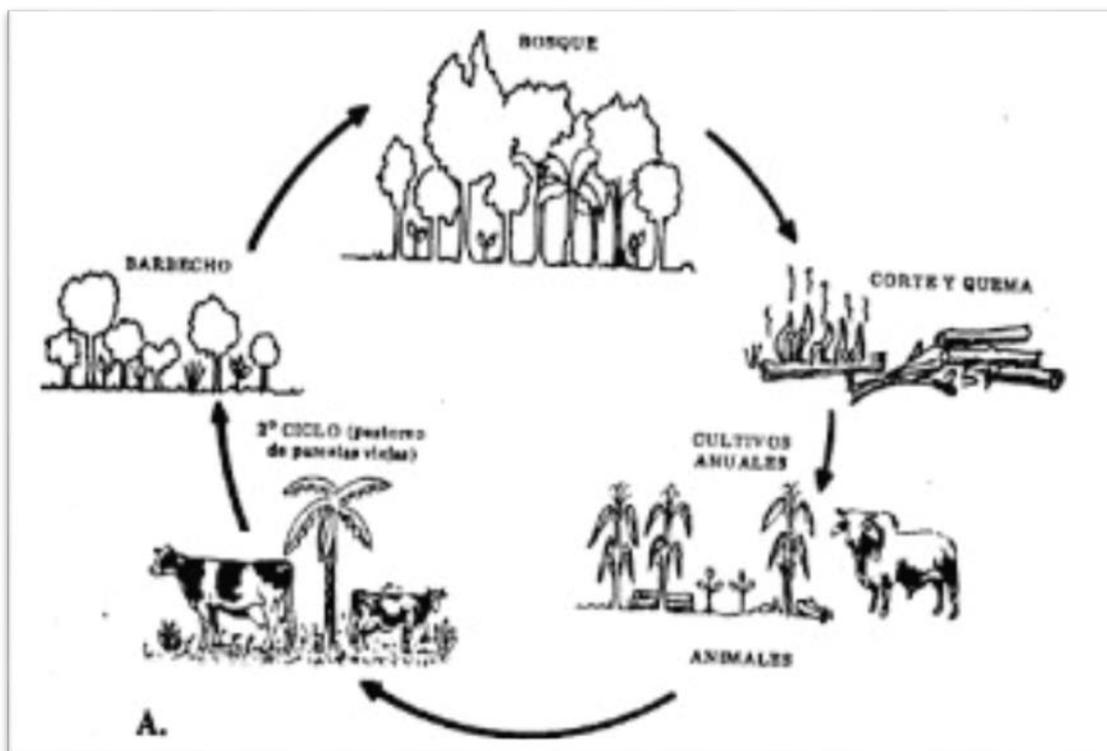
Sistema de Agricultura Migratoria

Es el más antiguo de los sistemas agroforestales, el bosque se corta, seca y quema con el objeto de desbrozar la tierra y devolver al suelo los nutrientes contenidos en la biomasa forestal, para poder sembrar los cultivos alimenticios (Vergara, 1985). Hay varias definiciones de la agricultura migratoria. La que más se emplea la define como cualquier sistema agrícola en el cual se desbrozan los campos (generalmente con fuego) y se cultivan por períodos cortos, luego de los cuales los suelos descansan (Conklin 1957). Según Warner (1994), con el avance del enfoque agroecosistémico y su concepto totalizante que ubica a los sistemas agrícolas como parte de un ecosistema natural mayor, se ha re conceptualizado la agricultura migratoria. El planteamiento del agroecosistema procura integrar la multiplicidad de factores que afectan a los sistemas de cultivo (Gliessman 1985). Trabajos basados en el enfoque del agroecosistema han destacado la práctica de corta y quema/barbecho como parte de una estrategia global de subsistencia que responde con flexibilidad a las tensiones, a medida que va cambiando el entorno social, económico y natural (Gliessman 1985, Altieri et al. 1973).

Comprende sistemas de subsistencia orientados a satisfacer necesidades básicas de alimentos, combustible y habitación. Sólo ocasionalmente considera la fuente de ingresos por medio de la venta de los excedentes de los productos. En este sistema, el bosque se corta y se quema y la tierra se cultiva por pocos años, luego del periodo de cultivo continuo una fase de descanso, los tiempos suelen ser de 5 a 20 años para la primera y de 2 a 3 años de cultivo. Esto considera rotación de tierras más que de cultivos. Inicialmente, la productividad del cultivo es elevada, ya que, con la quema, los nutrientes se incorporan al suelo, baja la acidez y aumenta la fertilidad del suelo. Después de 2 a 3 años de cultivo, aumenta la población de plagas y malezas y las demandas de nutrientes, reduciendo la productividad (Figura 5).

El ciclo de corte y quema tiene seis etapas, en cada una de las cuales el agricultor deberá adoptar decisiones críticas sobre la ubicación, cronograma, cultivos y aporte de mano de obra: la selección del sitio, desbroce, quema, plantación, deshierbe y protección, cosecha y sucesión. Si la decisión es errónea en cualquiera de estas etapas, el resultado podría ser una cosecha reducida o, quizás, ninguna (Warner, 1994). Se practica en condiciones en que la mano de obra es más escasa que la tierra, el capital generalmente es escaso y el nivel tecnológico bajo (Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015). Cuando la presión de población era todavía baja, su práctica era sostenible; pero a medida que la presión aumenta, se reducen considerablemente, e incluso eliminan los períodos de barbechos (Solorio et al, 2010). Esto ha ocasionado grandes problemas por lo que esta práctica se cita como causa de deforestación.

Figura 5. Agricultura migratoria.



Fuente: Arévalo, 2012

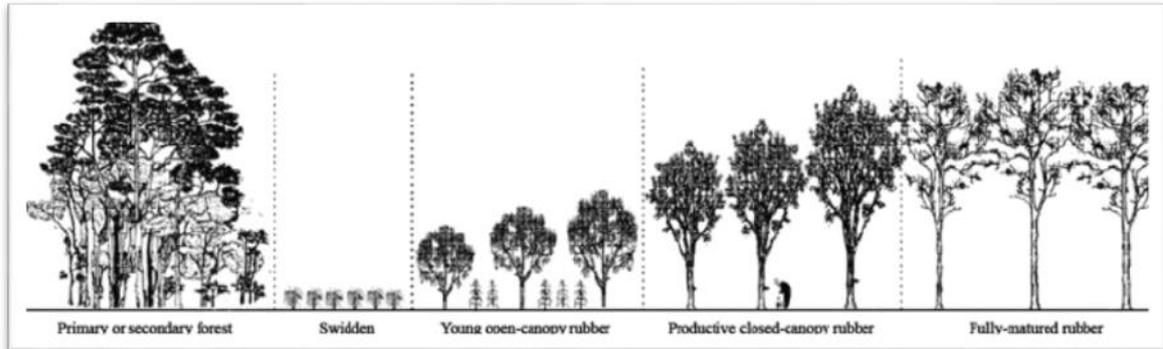
Sistema Taungya

Se inició en Birmania a partir de 1860. Se ideó como procedimiento oficial para la reforestación de tierras deforestadas. Los agricultores reciben temporalmente del gobierno tierras con un contrato para la plantación de las especies arbóreas deseadas. Mientras los árboles son jóvenes y antes de que se cierre la cubierta de las copas, los agricultores pueden sembrar cultivos alimenticios cuyos frutos le corresponden íntegramente y se consideran como compensación por la plantación de los árboles. Cuando la sombra impide el crecimiento de los cultivos alimenticios y la fertilidad del suelo disminuye marca el final de este tipo de asociación, el cual tiene entonces que ser renovado sobre otro campo en donde se repite el proceso (Figura 6). Mientras tanto, la zona "abandonada" se ha convertido en un bosque plantado ya formado y en ella no habrá cultivos alimenticios anuales hasta que los árboles plantados no lleguen a la madurez y se talen (Combe, 1982, Vergara, 1985).

La rotación entre árboles y cultivos anuales en el sistema Taungya varía algo con respecto al de la corta y la quema, pues hay una coincidencia temporal entre cultivos. Otra diferencia es que, durante el periodo de barbecho, los árboles plantados, son de especies elegidas y están sistemáticamente espaciados en vez de ser los que se regeneran naturalmente en terrenos abandonados. En este sistema, la obtención de madera es la meta final, pero los ingresos a corto plazo que se obtienen son motivantes para los agricultores. Las ventajas que se tienen con este sistema son: ahorrar costos de establecimiento de las plantaciones forestales y obtener ingresos o beneficios por con-

ceptos de cosechas. Dentro de sus desventajas están el no obtener beneficios inmediatos por venta de productos forestales, el uso y manejo de la tierra están determinados por las necesidades que tienen los productores, el diseño de las plantaciones no siempre es el adecuado y la presencia de árboles impide la utilización de maquinaria para los cultivos.

Figura 6. Sistema Taungya de Hevea sp. en China.



Fuente Xu, Jianchu & Yi, Zhuang-Fang, 2001)

Por su parte, Solorio et al. (2010) ilustran los sistemas clasificados según la secuencia temporal de los componentes como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Esquema de sistemas clasificados según la temporalidad de sus componentes y algunos ejemplos.

ARREGLO TEMPORAL	ILUSTRACION ESQUEMÁTICA	EJEMPLOS
COINCIDENTE		Café bajo árboles con sombra; pasturas bajo árboles
CONCOMINANTE		Taungya
INTERMITENTE (dominio del espacio)		Cultivos anuales bajo cocoteros; pastoreo estacional del ganado en pastos bajo los árboles
INTERPOLADO (dominio del espacio y tiempo)		Huerto casero
SOBREPUESTO		Pimiento negro y hule
SEPARADO (dominio del tiempo)		Especies de "barbecho" mejorado en agricultura migratoria tiempo

(la escala de tiempo varía por cada combinación)

Componente leñoso
 Componente no leñoso

Fuente: Solorio et al, 2010

Sistemas Agroforestales Simultáneos

Consisten en la siembra de cultivos, árboles y/o ganadería en forma simultánea y continua. En un sistema simultáneo, los árboles y los cultivos agrícolas o animales crecen juntos, al mismo tiempo en la misma superficie de terreno (Figura 8). Estos son los sistemas en los cuales los árboles compiten principalmente por luz, agua y minerales. La competencia es minimizada con el espaciamiento y otros medios. Los árboles en un sistema simultáneo no deben crecer tan rápido cuando la cosecha está creciendo también rápidamente, para reducir la competencia. Los árboles deben tener también raíces que lleguen más profundamente que las de los cultivos, y poseer un dosel pequeño para que no los sombreen demasiado (Arias, 2017).

Figura 8. Sistema simultáneo



Fuente. Modificado de <https://app.emaze.com/>

Clasificación en base a la distribución espacial de los componentes

Esta forma de clasificación se basa en la **ubicación de los componentes** dentro de la parcela, pudiendo tener arreglos espaciales muy complejos. Cuando en un solo espacio tenemos diversos elementos lo llamamos “*sistemas coincidentes*”, más conocido es el llamado multiestrato. Un ejemplo de sistema coincidente lo constituye un sistema con café y árboles para sombra, compartiendo un mismo espacio. Cuando los elementos de un sistema ocupan un determinado espacio e interactúan entre sí se llama “*sistema intermitente*”. Un ejemplo de este tipo de sistema se encuentra en un sistema silvopastoril, donde se conserva porciones de bosque en medio de la pastura (Villanueva y Watchel, 2009).

Clasificación de acuerdo a las bases socioeconómicas

Los criterios socioeconómicos, tales como la escala de producción y nivel de manejo, también son utilizados para clasificar los sistemas agroforestales. Nair (1985), los agrupa en comerciales, intermedios y subsistencia.

Se aplica el término comercial a aquellos sistemas en donde los rendimientos totales de producción son cómodos, las ventas son el principal factor del sistema, la escala de producción varía de mediana a grande y la tenencia de la tierra puede ser del gobierno, de corporaciones o privada.

Los sistemas intermedios están entre las escalas de producción y manejo comercial y las escalas de subsistencia y se diferencian de ellas en el tamaño, el nivel y la prosperidad económica. Ejemplos de sistemas agroforestales intermedios son las plantaciones de café, cocoteros y árboles frutales, etc.

Los sistemas agroforestales de subsistencia son aquellos donde el uso de la tierra es para satisfacer en su mayor parte las necesidades básicas y el manejo del mismo lo hace el campesino y su familia. La mayoría de los sistemas agroforestales practicados en diferentes partes de los países en vías de desarrollo se catalogan bajo la categoría de subsistencia y todas las formas de agroforestería migratoria tradicional encontradas a través de los trópicos es el ejemplo más amplio. (Solorio et al, 2010).

Navarro G. et al (2012) proponen el término *Sistema Agroforestal Comunitario* (SAC) como aquel nivel jerárquico que se estructura espacial y funcionalmente, basándose en la existencia de diferentes modalidades de *sistemas agroforestales familiares*. En dicho contexto, a un nivel jerárquico inferior se configuran y funcionan con lógicas de gestión específicas los sistemas agroforestales familiares, los cuales a su vez se estructuran mediante conectividades de subsistemas diversos; entre ellos, el sistema de cultivo agrícola, el animal o de producción de pastos y el arbóreo. La diversidad de combinaciones de usos de árboles y arbustos se ejemplifica a partir de las capacidades tecno-económicas, necesidades determinadas y diversos objetivos, entre los diferentes productores y sus sistemas agroforestales familiares. Musálem (2002) comenta que es importante considerar que, además de los productos esperados de la cosecha de los cultivos establecidos, se añada los de los árboles de uso múltiple, los cuales conforman un conjunto de recursos que típicamente se concretan y funcionan desde la perspectiva integral del sistema agroforestal familiar o colectivo. Desde la perspectiva de la investigación, los componentes del Sistema Agroforestal Comunitario de la comunidad son dos: el agrosilvícola y el silvopastoril, cada uno con diferentes variantes de arreglos espaciales que cumplen diferentes funciones, entre ellas producción de leña, alimenticias, abasto forrajero, medicinales, producción de utensilios, delimitar la propiedad y proporcionar sombra, entre otras. Las diferentes modalidades de sistemas agroforestales y sus lógicas de gestión familiares, como estructuras bióticas-sociales, son funcionalmente complejas, útiles para satisfacer múltiples necesidades de bienes, uso y cambio (Navarro G. 2012).

Clasificación de acuerdo a las bases ecológicas

La mayoría de la documentación de sistemas agroforestales, pertenece a situaciones ecológicas específicas para diferentes regiones geográficas. De este modo es fácil de encontrar algunas descripciones que hablen de sistemas agroforestales en las tierras altas de los trópicos, las zonas cafetaleras, de bosques, de zonas áridas (Díaz Roja y Soto Barbosa, 2015).

Existen otras diversas formas de clasificar los sistemas, sin embargo, lo más importante es que debemos tomar en cuenta que cualquiera sea la clasificación que usemos, los sistemas agroforestales deben establecerse de acuerdo a un objetivo; el objetivo es el resultado final del sistema, es lo que queremos como resultado de nuestros esfuerzos (Figura 9).

Figura 9. Usos ambientales de algunos tipos de sistemas agroforestales.



Fuente: anónima.

Descripción de algunos tipos de SAF

Asociaciones de árboles con cultivos perennes

Son sistemas donde se combina árboles con cultivos perennes como frutales. En este sistema se diversifica la producción y aumenta la productividad a través de algunas interacciones con el componente arbóreo (Figura 10). Los objetivos del sistema son la producción de sombra para ciertos cultivos comerciales como el cacao, contar con cosechas a través del tiempo, mejorar la calidad del producto y diversificar la producción y reducir riesgos económicos. Los árboles que se utilizan son principalmente especies maderables, árboles de sombra (Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015). En estas asociaciones se tiende a optimizar el uso de los recursos y aumentar la productividad por unidad de terreno; las condiciones de mercado son determinantes

para el éxito. Estos sistemas representan una alternativa, ya que con la introducción de los árboles para sombra se puede llegar a suplir parte de las necesidades nutricionales del cultivo. La sombra reduce la fotosíntesis, la transpiración, el metabolismo y el crecimiento; por consiguiente, decrece también la demanda de nutrientes del suelo y así “se capacita” a un cultivo para que se mantenga en suelos de baja fertilidad (Iglesias,2015).

Los árboles de sombra para cultivos perennes deben reunir una serie de características, entre las que resaltan:

- Compatibilidad con el cultivo.
- Sistema radical fuerte y resistente a los vientos.
- Habilidad de propagación vegetativa por medio de estacas.
- Habilidad para fijar nitrógeno.
- Posesión de una copa rala.
- Ramas y tallos no quebradizos y libres de espinas.
- Tolerancia a la poda.
- Alta producción de biomasa, con residuos vegetales de fácil descomposición.
- Alta velocidad de rebrote.
- Presencia de hojas pequeñas.
- Producción de madera, frutos u otro producto de apreciable valor.
- Resistencia a las plagas y las enfermedades

Figura 10. Asociaciones de árboles con cultivos perennes



Asociación de Toona ciliata con mandarina (Citrus reticulata) en Corrientes, Argentina. Fuente: Introd a la Dasonomía.

Árboles en franjas en asociación con cultivos anuales- cultivos en callejones

Estos sistemas presentan las mismas interacciones entre los cultivos y los árboles que las asociaciones de árboles con cultivos perennes; sin embargo, para el caso particular de los sistemas de

cultivos de callejones también se pueden utilizar especies que no son tolerantes a la sombra. En estos se incluyen cultivos tales como maíz, soya, cereales, tubérculos y raíces en asociación con árboles, que en la mayoría de los casos son fijadores de nitrógeno (Figura 11). Los cultivos en callejones son prácticas agroforestales en las que los cultivos anuales son sembrados en los espacios que quedan entre las líneas de una especie leñosa, generalmente leguminosa, que es podada a intervalos regulares para evitar la competencia y proveer un “mantillo” o “mulch”. Este mulch sirve para controlar las malezas y a su vez proveer nutrimentos al suelo. Alternativamente, el material podado puede ser utilizado como leña o alimento para el ganado (Iglesias,2015).

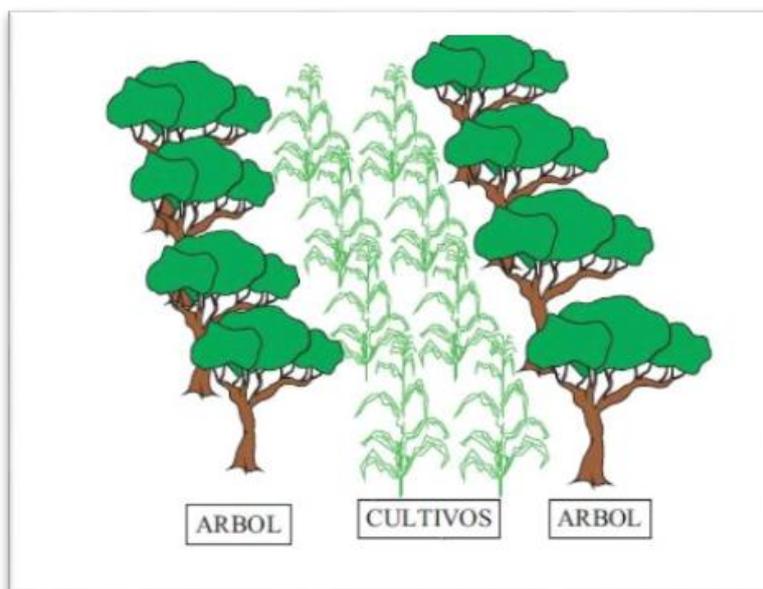
Los beneficios potenciales de este sistema son los siguientes:

- Las prácticas de cultivo y barbecho se realizan simultáneamente.
- Se aumenta el período de cultivo y la intensidad del uso de la tierra.
- Se logra una regeneración efectiva de la fertilidad del suelo con especies más eficientes para este propósito.
- Requerimientos bajos de insumos externos.

El sistema es de escala neutral y lo suficientemente flexible para su uso por agricultores pequeños y para la producción mecanizada a gran escala.

Para el establecimiento de cultivos en callejones generalmente se utilizan leguminosas arbóreas, pues muchas de estas presentan un rápido crecimiento, alta producción de biomasa de fácil descomposición, respuesta a las podas, alta capacidad de rebrote y capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico. Una vez establecidos los árboles, la decisión de establecer un programa de podas es lo más importante. El momento de la poda lo determina el cultivo agrícola, ya que del árbol se obtiene el aporte de nutrientes, pero a la vez se debe minimizar la competencia por la luz, el agua y los nutrientes que este pudiera ejercer sobre el cultivo (Iglesias,2015).

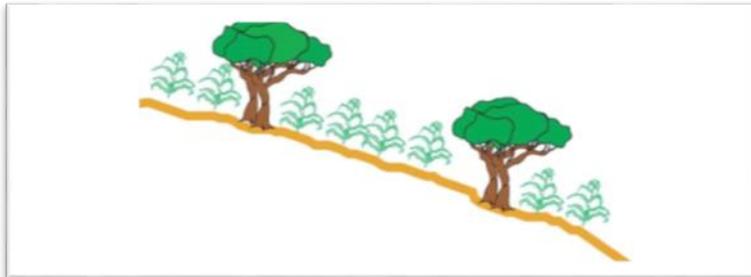
Figura 11. Árboles en franjas.



Árboles en franjas en asociación con cultivos anuales. Son sistemas simultáneos o secuenciales. Fuente: Díaz Rojas y Soto Barbosa, 2015.

Según Días Rojas y Soto Barbosa (2015), “uno de los mayores potenciales que se tiene en este tipo de sistemas es en zonas de ladera, la siembra de árboles en hileras perpendiculares a la pendiente, contribuyen a disminuir la erosión” (Figura 12).

Figura 12. Sistema agroforestal simultáneo.



Árboles en franjas en asociación con cultivos anuales en zona de pendiente.
Fuente: Días Rojas y Soto Barbosa, 2015

Dentro de las desventajas que tienen estos sistemas podemos citar la competencia de agua y nutrientes entre árboles y cultivos, el espacio que utilizan los árboles disminuye el rendimiento de cultivos y alto costo de mano de obra para su establecimiento.

Cortinas rompevientos y barreras vivas con árboles

Los objetivos de las barreras vivas y las cortinas con árboles son: reducir la velocidad del viento en parcelas con fines agropecuarios; reducir el movimiento del suelo y protegerlo de los procesos erosivos; conservar la humedad del suelo, reducir la acción mecánica del viento sobre el cultivo, proteger la fauna silvestre, regular las condiciones del microclima, incrementar la belleza natural de un área y proteger cultivos y animales, incluso donde la agricultura es intensiva. Además, producen madera, abono verde, leña y frutos, entre otros.

Las barreras rompevientos están constituidas por una o varias hileras de árboles (Farfán, 2014). La figura 13 muestra esquemas de este tipo de sistemas.

Figura 13 Ejemplos de cortinas rompevientos y cercas vivas.



Fuente: Palomeque Figueroa, 2009

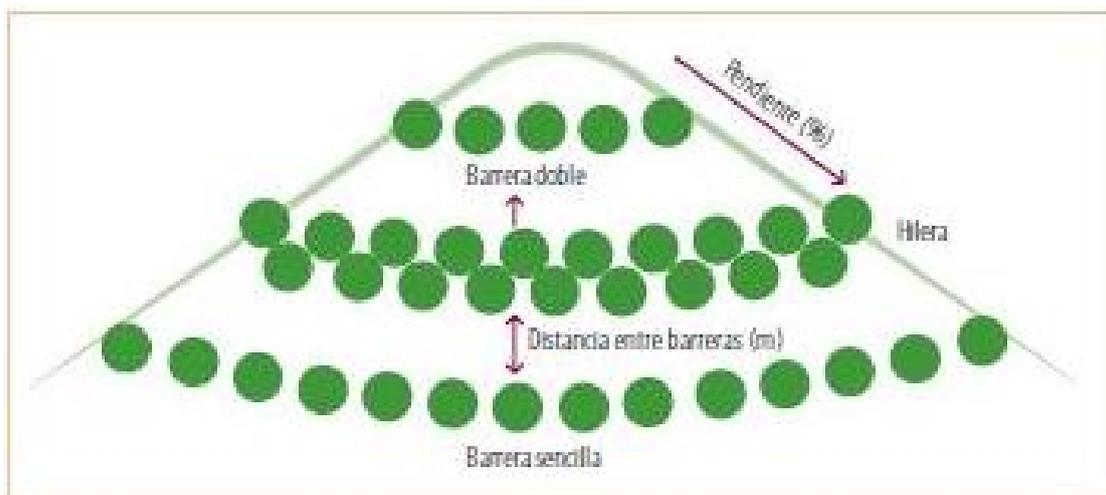
Cortinas rompevientos

Son plantaciones en líneas con el objetivo principal de proteger las parcelas cultivadas, pastos y animales contra los efectos nocivos del viento. Las ventajas consisten en mantener el clima más rentable y mayor producción en los cultivos y animales. Dentro de lo negativo encontramos que la sombra excesiva al lado de los arboles disminuye la productividad del cultivo. Se diferencian de las cercas vivas por tener un mayor tamaño los árboles que las forman (Ver capítulo 4).

Barreras vivas

Sistema utilizado generalmente en terrenos con pendientes pronunciadas, se utilizan especies leñosas o pasturas que forman macollos sembradas en contornos como barreras vivas con el objetivo de reducir la erosión. En este sentido las plantas se deben sembrar a densidades altas. Para que se considere a las barreras vivas como un sistema agroforestal (silvopastoril), el follaje producido por las plantas tendrá que ser utilizado para la alimentación animal en un esquema de corte y acarreo, incluyendo la conservación del suelo (Figura 14).

Figura 14. Barreras vivas.



Fuente: Farfán, 2014

Agrobosques o fincas forestales

Esta categoría emplea tecnologías agroforestales derivadas o semejantes a los huertos caseros mixtos, y que dan origen a cultivos que se asemejan a los bosques, de aquí el nombre de agrobosque (Figura 15). Frecuentemente, son pequeñas parcelas con una estructura típica de los bosques, debida a la presencia de árboles grandes y multiestratos. A menudo existe gran diversidad de especies en un arreglo no zonal de grandes árboles coexistiendo con otros más pequeños y plantas arvenses que son, generalmente, tolerantes a la sombra. En el agrobosque los árboles y los cultivos se manejan individualmente con distintas prácticas. Otro aspecto im-

portante de los huertos boscosos o agrobosques, es que su estructura, generalmente o algunas veces, cubre áreas muy grandes y por su tamaño y distancia de las fincas están generalmente orientados hacia la explotación como cultivos comerciales más que hacia cultivos de subsistencia (Farfán, 2014).

Figura 15. Agrobosque de cacao en Panamá.



Fuente: Botero y Russo 2020

Praderas con árboles o arbustos forrajeros

Consiste en la incorporación de árboles o arbustos forrajeros o multipropósito en las praderas naturales o artificiales. Las modalidades pueden incluir *los cercos vivos*, *los bancos de proteína (generalmente de leguminosas)* y *la inclusión de forrajeras arbustivas o arbóreas directamente en las praderas*. En ciertos casos el componente de gramíneas se ve reducido a un mínimo, especialmente cuando hay varios estratos de plantas en sistemas silvopastoriles especializados para la producción pecuaria. Estos sistemas están aún poco difundidos, pero representan el potencial mayor en cuanto a su posible impacto a nivel de la producción animal en Latinoamérica tropical.

Cercas vivas

En los últimos años el sistema cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, no sólo porque su establecimiento significa un ahorro del 54% con respecto al costo de las cercas convencionales (Holmann et al, 1992), sino, por que constituye una forma de reducir la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña, además de que representa una forma de introducir árboles en los potreros. Bajo este esquema, se plantan árboles o arbustivas con el propósito de delimitar potreros y proporcionar sombra a los animales. Las especies que comúnmente se utilizan son aquellas que se pueden propagar por medio de esquejes o esta-

cas. La integración de árboles forrajeros en cercas vivas es una de las estrategias sugeridas con el propósito de proporcionar forraje y sombra a los animales en pastoreo. Diversos estudios han demostrado la importancia de este recurso para mantener los animales en buenas condiciones aun cuando la producción de pasto se ve reducida por la falta de agua en la época de sequía (Figura 16).

En muchos casos, los árboles y arbustos que aparecen a lo largo de los alambrados se originan de semillas depositadas por las aves que se posan sobre los estacones muertos o sobre los alambres. En otros casos, los ganaderos y agricultores pueden plantar deliberadamente estacas de especies que enraízan con facilidad. Los postes vivos de cercas son mucho más duraderos que los estacones tradicionales ya que son menos susceptibles al ataque de insectos y a la descomposición por la acción de los hongos u otra enfermedad. La manera más simple de establecer cercas vivas, es comenzar con un cerco convencional de postes muertos apoyado por alambre, y gradualmente, establecer los postes de cerco vivo hasta sustituir los muertos. Esto es muy importante para prevenir el daño causado por los animales cuando ramonean (Reyes Jiménez y Martínez Alvarado,2016).

Se denominan **setos vivos**, cuando se plantan árboles espinosos en altas densidades de tal forma que impidan el paso de animales, actúan como cerca.

Figura 16. Cerca viva de *Caesalpinia platyloba* dividiendo potreros.



Fuente: Reyes Jiménez y Martínez Alvarado,2016

Bancos de proteína

Se siembran especies forrajeras, leguminosas o no en altas densidades (10.000 a 20.000 plantas por hectárea) para utilizarlas en corte o ramoneo en la alimentación animal. Según Fernández Mayer, A. (2017), los Bancos proteicos (BP) son áreas compactas, formando montes o cercas vivas de arbustos y/o árboles destinados a la producción de forrajes de alta calidad y volumen, para su utilización en la suplementación animal. Esto es especialmente importante durante la época seca porque se puede reducir, significativamente, el empleo de suplementos o concentrados proteicos. Los BP se pueden manejar bajo corte mecánico o manual o

en pastoreo directo. Para construir un BP se deben plantar las especies leñosas en altas densidades, buscando mejorar la calidad “proteica” de sus ramas y hojas al reducirse la proporción de pared celular, que es una fracción rica en lignina (polifenoles).

Bancos forrajeros

Los bancos forrajeros se refieren a las áreas establecidas compactas, establecidas en densidades altas con especies forrajeras, con el propósito de maximizar la productividad animal. Existe una gran diversidad de especies que son utilizadas para este propósito, entre las más importantes podemos mencionar a *L. leucocephala* y *G. sepium*. En zonas con periodos secos definidos, los resultados del uso de árboles en bancos forrajeros para suplementación animal han sido significativamente mejores en productividad en comparación a lugares con mayor humedad (Cabrera Núñez et al, 2019).

Pasturas en callejones

Otra modalidad de sistemas agroforestales que se ha estudiado son las pasturas en callejones, que involucran la siembra de forrajeras herbáceas entre las hileras de árboles o arbustos. Su objetivo es proveer a los animales mayor producción de forraje durante todo año, mejorar la calidad de suelo y reducir los procesos de erosión.

Árboles y arbustos dispersos en potreros

En el establecimiento de pasturas para la producción animal, generalmente, los ganaderos durante el proceso de preparación del área dejan algunos árboles maderables y para sombra, algunos favorecen la regeneración natural de especies valiosas. Lo importante de estos sistemas es encontrar la mejor estrategia de proteger a las especies en regeneración de los animales en pastoreo o en ocasiones de las quemadas incontroladas. Cuando los árboles se encuentran dispersos en los potreros, ellos cumplen funciones similares a las cercas vivas, pero además con la muerte natural de raíces ayudan a mejorar la aireación del suelo y a veces la absorción de nutrientes. La densidad de árboles a establecer o conservar en un área determinada depende del objetivo principal del proyecto, la altura del fuste de la especie arbórea, el diámetro de la copa, el tipo de hoja (especies con hojas simples y abundantes no dejan pasar luz), de la tolerancia de la gramínea a la sombra.

Pastoreo en plantaciones maderables o frutales

Otra modalidad de los sistemas agroforestales, es la utilización de árboles maderables o frutales asociados a pasturas en la producción animal (Solorio et al, 2010).

Algunos de estos SAF pueden observarse en la Figura 17.

Figura 17. Algunos SAF para forrajes y ganado.



Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. (CIPAV). Colombia. 2015

Sistemas integrados mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte

En estos sistemas mixtos el componente pecuario se integra al agrícola y en ocasiones al piscícola, en un sistema mixto con complementariedad de especies animales y vegetales (Preston y Murgueitio, 1992). Los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje de alta calidad para complementar la dieta basada en residuos de cosecha de bovinos y búfalos; la dieta de porcinos basada en algún producto rico en energía (ejemplo, jugo de caña o de palma, yuca, aceite y subproductos de la palma africana); y como base de las dietas de pequeños rumiantes (Gómez et al., 1995).

Huertos caseros mixtos o tradicionales

Los huertos caseros mixtos ocupan un lugar muy singular en los sistemas agroforestales. Ningún otro es tan diverso en cantidad de especies y variedades, complejo y variado en estructuras y posibles asociaciones, ni tan completo en sus funciones como el huerto

casero. Se trata de un complejo de plantas perennes o semiperennes que se encuentran en los alrededores de las casas de los finqueros o agricultores, integrado a la producción agrícola (tubérculos, fibras, hortalizas, frutas, estimulantes), ganadera (animales menores, inclusive abejas) y forestal (madera, leña, postes) e incluye generalmente plantas medicinales y ornamentales. Los huertos caseros son muy comunes en todos los países y regiones tropicales y subtropicales y su tamaño es generalmente pequeño, menor que una hectárea. Estos sistemas se utilizan para cubrir las necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas y ocasionalmente se venden algunos excedentes de producción. Se definen como “una asociación interna de árboles y/o arbustos de uso múltiple con cultivos anuales y perennes y animales en las parcelas de hogares individuales. El sistema es manejado por mano de obra familiar” (Figura 18).

El huerto casero está compuesto por varias estructuras que se encuentran en él a partir de la división de su espacio en diferentes áreas de manejo. Parecen ser universales en los huertos caseros las siguientes características de forma (estructura horizontal y vertical):

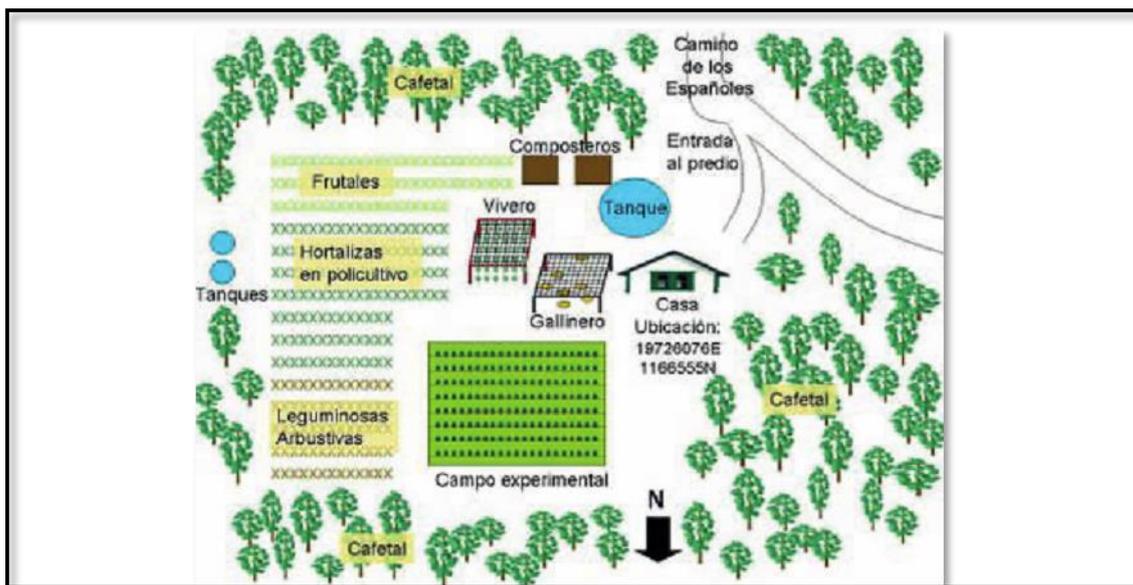
1. Un huerto bien desarrollado es una imitación del bosque tropical. Este postulado se basa en que la semejanza del huerto casero con el bosque tropical está en el efecto de la forma del primero, la creación de nichos específicos, los diferentes niveles verticales y la competencia por la luz, así como en las funciones agroecológicas asociadas.
2. El huerto casero es una composición de diferentes áreas de manejo.
Se caracterizan los huertos de acuerdo con su espacio libre y cultivado; en cada área hay una estructura horizontal y vertical propia, así como una combinación de especies y variedades de vegetación única.
3. La prevalencia de la sombra. Como consecuencia del número de especies arbóreas muchos de los huertos tradicionales están más sombreados que las fincas. Esto implica un microclima agradable y una preferencia de los campesinos por los cultivos resistentes a la sombra, que requieran poca inversión de mano de obra, cuando estos están destinados al autoconsumo.
4. Los límites del huerto casero se definen por medio de una mezcla de factores geofísicos, biofísicos y sociales. A veces el huerto tiene límites geofísicamente claros cuando colinda con una carretera o camino, con el huerto vecino, etc.; otras veces el límite es biológico, como son los cambios de vegetación (termina el pasto y comienzan los cultivos en varios estratos), y por último el huerto casero se delimita por el uso de la mano de obra familiar y no muy intensiva; mientras que en la finca se contrata periódicamente.

En América Latina, los huertos caseros son sistemas que se han utilizado desde antes del auge de los sistemas agroforestales. Los huertos caseros son de vital importancia para los pobladores de comunidades rurales y de la población de bajos recursos. Ningún otro SAF es tan diverso en cantidad de especies y variedades, y diverso en estructuras y posibles asociaciones y tan complejo en sus funciones como el huerto casero. Esto lo hace, a la vez, un siste-

ma sumamente interesante pero complicado de entender, que requiere de un enfoque multidisciplinario e integrado (Solorio y Petit Aldana, 2010).

Según Montagnini (2015) la práctica del cultivo de huertos caseros y el conocimiento tradicional sobre las plantas están presentes en diferentes municipios de México, lo que puede estar asociado con la alta presencia indígena en las comunidades analizadas. Sin embargo, esta práctica puede desaparecer debido al crecimiento de la población y a los movimientos migratorios de la población en edad productiva hacia otros estados del país.

Figura 18. Ejemplo de un huerto casero tradicional incorporando cultivos, animales y maderables.

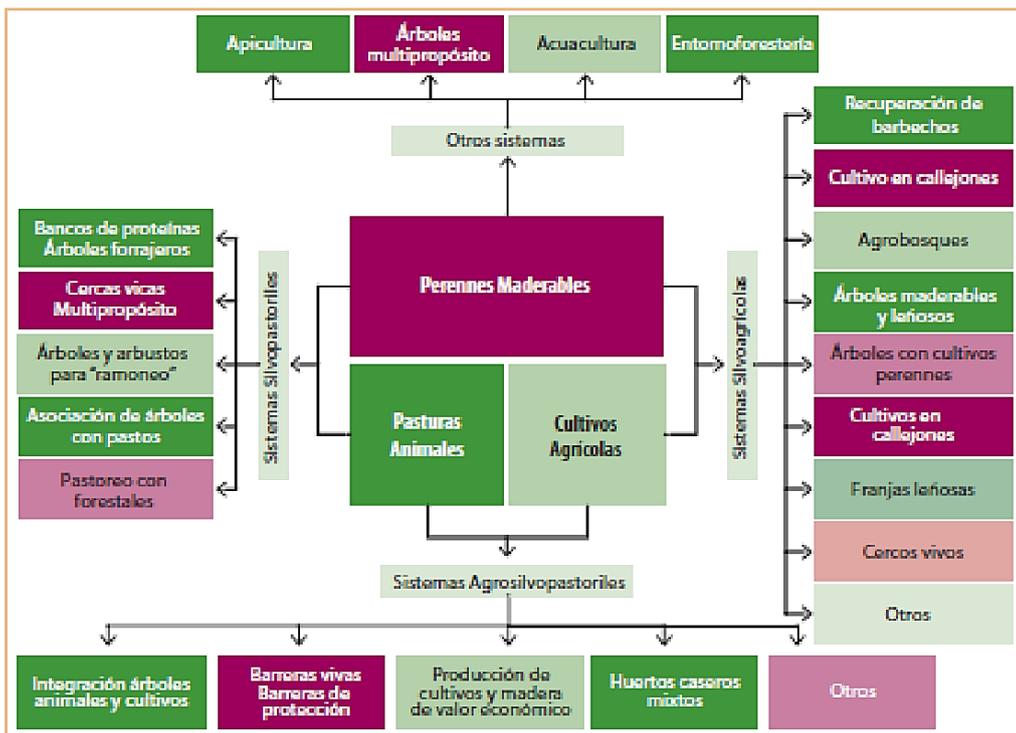


Fuente. Solorio y Petit Aldana, 2010.

En América Latina existen una gran diversidad de conceptos sobre los huertos caseros, toda esa variedad se debe en gran medida a la diversidad en formas y contenido y a factores geofísicos, sociales y culturales de cada región. Los huertos caseros tienen una fuerte tendencia a volverse cada vez más importantes en las zonas urbanas y periurbanas debido al crecimiento de la población urbana de escasos recursos y a la creciente presión sobre la tenencia de la tierra.

Resumiendo lo expuesto hasta aquí, los diferentes sistemas descritos pueden verse en la Figura 19 y Figura 20.

Figura 19. Modelos de sistemas agroforestales



Fuente: Farfán, 2007.

Figura 20. Modelos de sistemas agroforestales.

Sistemas agroforestales tradicionales		
Bienes ambientales	Servicios ambientales	
SAF Secuenciales	Agricultura migratoria	La agricultura tradicional de roza, tumba y quema practicada desde tiempos antiguos.
	Sistemas Taungya	Combinación temporal de una plantación forestal durante su fase de inicial, con la producción de cultivos anuales hasta que la sombra del dosel lo permita (Figuras 5 y 6).
SAF Simultáneos	Árboles con cultivos anuales	Cultivos en callejones (<i>Alley Cropping</i>), se asocian hileras de una leñosa fijadora de nitrógeno con un cultivo anual (Figuras 9, 10 y 11).
	Árboles con cultivos perennes	Cultivo de café o cacao bajo árboles de sombra tales como <i>Erythrina poeppigiana</i> y/o <i>Cordia alliodora</i> (Figuras 18 a 21).
	Agrobosques	Manejo de bosques secundarios, en asocio con una o varias especies arbóreas de utilidad económica. Sistemas Quesungual o Kuxum-Rum (Figura 22).
	Sistemas silvopastoriles	Asociación de árboles con pastos y ganado. Pastoreo en plantaciones forestales y frutales.
	Huertos caseros mixtos y huertos leñeros	Se caracterizan por su complejidad, son multiestratificados, asocian diversas formas de vida y se trata de mantener la producción durante todo el año (Figura 19).
Sistemas lineales o en alineación	Cercas vivas	Cercas con postes vivos a los que se les fija el alambre y son podados periódicamente (Figuras 28 y 29).
	Setos vivos	Hilera de especies arbóreas establecidas a distancias muy cercanas (Figura 30).
	Cortinas rompevientos	Hileras múltiples de una especie arbórea plantadas en forma normal con la dirección de los vientos predominantes (Figura 12).

Fuente: modificado de Combe y Budowski (1979) y Nair (1985)

Criterios para el diseño de SAF

El manejo y uso de biodiversidad sustentan servicios agroecosistémicos multifuncionales: aprovisionamiento de alimentos, forrajes, leña, madera, combustibles, fibra y recarga de acuíferos, entre otros. La pérdida de diversidad biológica y los riesgos crecientes de su deterioro, inherentes frecuentemente a diversas actividades humanas, plantean la necesidad de desarrollar capacidades institucionales y sociales para su restauración y conservación, para lo cual los SAF son una excelente opción. Sin embargo, es necesario hacer un buen diseño y planteamiento de los mismos. Cada combinación de componentes, el objetivo, el contexto, y los saberes tradicionales y nuevos deben tenerse en cuenta al momento de proponer un SAF. El interés por los sistemas de conservación y manejo de recursos que llevan a cabo las comunidades, a través de prácticas tradicionales y conocimientos locales, ha resurgido en muchas partes del mundo (Berkes y Turner, 2006). Los conocimientos y destrezas en numerosas sociedades locales, campesinas e indígenas, sustentan y explican las diferentes lógicas de utilización cotidiana de la diversidad territorial de especies vegetales y su conservación *in situ*, como requisito para asegurar su reproducción material y cultural (Navarro, 2004). Según Sánchez (1993), la diversidad de usos de los recursos muestra un profundo conocimiento, como resultado de un trascendental proceso adaptativo y evolutivo de los grupos culturales a su entorno natural, y cuyas sensibles interacciones son producto del conocimiento tradicional generado por varios cientos de años (Navarro Gaza, et al, 2012). En este contexto, la agroforestería se concibe como una práctica social holística, que sintetiza los conocimientos y habilidades para el manejo de múltiples recursos y servicios agroecosistémicos, con propósitos diversos; entre ellos: ecológicos, técnicos, económicos y sociales.

Según Arévalo (1999), un buen diseño de un SAF debe tomar en consideración, tres puntos importantes:

1. Productividad: la productividad de un SAF se refiere a los incrementos de biomasa, tanto vegetal como animal, o a la suma de ellos; por unidad de área y tiempo.
2. Sostenibilidad: es la capacidad del sistema para mantener la productividad a largo plazo, sin degradar el área y sin adiciones sustanciales de insumos. Es decir, se refiere a la persistencia del sistema y su productividad.
3. Adaptabilidad: la facilidad y acuerdo con que los agricultores adopten el sistema; lo cual está en función a:
 - Reducir los riesgos de las cosechas mediante diversidad de especies,
 - Utilizar especies multipropósitos,
 - Utilizar especies fáciles de establecer, resistentes a poco o ningún mantenimiento y que no requieran insumos importados.

- Usar plantas con habilidad de rebrote, para disminuir los costos de establecimientos, en las siguientes etapas.
- Producir bienes y servicios tangibles durante el primer año, los productos obtenidos deben tener un mercado establecido o fácil de establecer, y
- Utilizar los recursos disponibles en forma eficiente.

Ventajas y desventajas de los SAF

La agroforestería tiene sus límites, es por ello que se deben identificar plenamente sus ventajas y desventajas. Conocer esto nos ayudará a ubicar el sistema agroforestal en el sitio y con las alternativas de manejo correctas.

Los SAF presentan ciertas **ventajas** (Nair, 1982, 1983; Lundgren y Raintree, 1983), entre las principales podemos mencionar:

1. La agroforestería imita de mejor manera los patrones de producción natural de los ecosistemas, favoreciendo su eficiencia en el uso de recursos.
2. El sistema disminuye el riesgo y mejora las opciones de ingreso a través de la diversificación en caso los cultivos destinados para la comercialización disminuyan su precio y su productividad.
3. La agroforestería favorece la regulación de la radiación solar, la temperatura y la humedad, en los diferentes estratos del sistema (árboles, arbustos, pastos).
4. Disminución de la escorrentía superficial del agua de lluvia, aliviando su efecto erosivo y disminuyendo la evaporación del agua del suelo.
5. Protección de los impactos de la fuerza del viento en las plantas.
6. Aumento de la productividad del sistema, por la mayor producción de biomasa y materia orgánica, así como mejor uso del espacio vertical.
7. Mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo, por la extracción de los mismos desde diferentes niveles de profundidad de la tierra de cultivo.
8. Favorece el desarrollo de la capa orgánica del suelo (capa superficial), que aumenta la fertilidad.
9. Favorece el desarrollo de efectos benéficos para las plantas debido a los procesos ecológicos de simbiosis, alelopatía, predación, parasitismo y mutualismo.
10. Los árboles y arbustos resisten mejor la sequía que los cultivos; en caso que los cultivos fracasen, los árboles, aun en cantidades menores, siguen produciendo.
11. Los cultivos de árboles constituyen un método muy eficiente y barato de asimilar carbono en la chacra, es posible acceder a créditos y subsidios mediante mecanismos de desarrollo limpio (MDL).
12. Producción de una gran variedad de productos para la venta y autoconsumo
13. Un flujo de ingresos estable y sostenido a través del tiempo

14. Menor riesgo para los agricultores con poco capital,
15. Crea un microclima que puede ser benéfico para ciertas plantas y/o animales (por ejemplo, modificaciones de luz, temperatura, humedad, viento, etc).

Si los SAF están bien plantados y gestionados, no deberían presentar desventajas.

Según Arévalo (1999), algunas de las **desventajas** a tener en cuenta son:

- Competencia por los nutrientes: esto sucede debido a que los árboles extraen muchos nutrientes del suelo, y el sistema radicular de un árbol con raíces superficiales compite mucho más con los cultivos asociados, que un árbol con raíces pivotantes (profundas). Para que la asimilación de nutrientes sea adecuada hay que seleccionar especies y distancias de siembra adecuadas y practicar podas para incorporar los nutrientes de los árboles al suelo
- Competencia por agua: los árboles por su gran tamaño consumen grandes cantidades de agua, agotando así las reservas de agua para los demás cultivos. Efectos alelopáticos: varias especies vegetales, producen sustancias químicas que inhiben el desarrollo de otras plantas, este fenómeno es conocido como efecto alelopático
- La recuperación económica toma más tiempo: esto se debe que en la agroforestería es una inversión a largo plazo, para personas de escasos recursos económicos esto genera malestar debido a que necesitan recuperar su inversión y alimentar a su familia

Precauciones importantes a tener en cuenta al momento de establecer un SAF (Villanueva y Wachtel,2009)

1. En caso se seleccione inadecuadamente las plantas que conforman el sistema agroforestal, se puede presentar competencia entre las diferentes especies por la luz, nutrientes y el agua; por ello se debe reunir información local si existen experiencias previas exitosas de esa asociación entre esas especies.
2. Eventualmente, pueden darse influencias alelopáticas, entre algunas plantas, esto significa que hay árboles que compiten con el cultivo de forma que no dejan crecer otras especies.
3. La mecanización convencional de la agricultura puede dificultar o imposibilitar.
4. Si no hay un manejo adecuado del sistema, la excesiva sombra y humedad puede favorecer el desarrollo de hongos y otras enfermedades.
5. De no realizarse una adecuada fertilización o renovación de nutrientes del sistema, existe la amenaza del agotamiento de los nutrientes.
6. En los predios de muy pequeña extensión y escasa mano de obra la implementación de un sistema productivo, inclusive el agroforestal se dificulta, los terrenos pequeños y de baja productividad tiene pocas probabilidades de cubrir las necesidades mínimas de

una familia rural, por lo cual sus miembros deben conseguir insumos externos adicionales para sobrevivir; las principales vías para asegurar su sustento proceden de (1) la venta de mano de obra a otros propietarios para labores estacionales (2) la colecta de productos de áreas boscosas vecinas. Estos casos especiales estas formas alternativas de ingreso que disminuyen la oferta de mano de obra deben ser identificadas claramente para evaluar al detalle el real potencial de los sistemas agroforestales.

Conclusiones

Existen diferentes criterios para clasificar los SAF. Según CATIE (2001), la complejidad de los SAF hace difícil su clasificación bajo un solo esquema. Los criterios de clasificación más frecuentes son: **la estructura o función del sistema, las zonas agroecológicas donde el sistema existe o es adoptable y el escenario socioeconómico (escalas de producción y nivel de manejo del sistema)**. Sin embargo, estos criterios no son independientes ni excluyentes. Las clasificaciones agroforestales más conocidas son jerárquicas y arbitrarias, porque el objetivo es definido por el usuario, y existen niveles de organización por componentes (árboles, cultivos, ganadería), arreglos temporales (secuenciales o simultáneos) y arreglos espaciales, entre otros.

Al considerar que hay relación entre los conceptos de la definición y la construcción de una clasificación, es importante tener claridad sobre aspectos de manejo: silvicultura, densidades de siembra, costos de establecimiento y mantenimiento, servicios ambientales proporcionados y producción forestal asociado a los SAF, para evitar ambigüedad cuando se clasifican (Botero y Russo, 2020). Según González Valdivia et al. (2016), *“La estrategia que permita aumentar la producción agrícola y ganadera pasa por la inclusión de diferentes estratos arbóreos, con múltiples propósitos para el humano... Los arreglos deben incluir diferentes formas y patrones espaciales, incorporando desde el conjunto de árboles dispersos, pasando por bosquetes dispersos, conectados por líneas de árboles multiespecies y multiestratos, de amplitud variable, hasta las franjas permanentes de vegetación adyacente a campos cultivados o pasturas”*.

Referencias

- Altieri, M. A. Letourneau, D. K., and Davis, J. R. (1983). Developing sustainable agroecosystems. *Bioscience* 33(1): 45 - 49.
- Arévalo L. (1999). Definición y clasificación de sistemas agroforestales. I curso regional de agroforestería en la amazonia peruana

- Arias Nery, L. A. (2017). Principios de sistemas agroforestales. En: Producción en sistemas agroforestales (PRO – SAF) y Sistemas agroforestales simultáneos (SAS). Centro de Educación Técnica, Humanística y Agropecuaria, La Paz. pp. 15 – 92.
- Berkes, F. y Turner N. (2006). Conocimiento, aprendizaje y resiliencia de los sistemas sociológicos. In: El manejo de los recursos de uso común: la conservación de la biodiversidad. L. Merino y J. Robson (Comp.) México (pp. 22-33). Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A. C., The Christensen Fund, Fundación Ford, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Botero Botero R.y Russo R.(2020). Sistemas agroforestales en Mesoamérica para la restauración de áreas degradadas. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/sistemas-agroforestales-mesoamerica-restauracion-t45578.htm>
- Cabrera-Núñez, A., Lammoglia-Villagomez, M., Alarcón-Pulido, S., Martínez-Sánchez, C., Rojas-Ronquillo, R., y Velázquez-Jiménez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico veterinario*, 9, e913.. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.913>
- CATIE. 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. (F. Jiménez, R. Muschler, & E. Köpsell, Edits.) Turrialba, Costa Rica: CATIE, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ.
- Combe, J. y Budowski, G. (1979). Classification of agroforestry techniques. Taller sobre sistemas agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Díaz Roja M y Soto Barbosa V..(2015). Diseño del sistema agroforestal para la zona rural de la vereda Pascata de Turmequé Boyacá. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieras Industriales Universidad Distrital “Francisco José De Caldas” Facultad De Ingeniería Proyecto Curricular De Ingeniería Industrial Bogotá D.C
- Farfán, V. (2007) Producción de café en sistemas agroforestales. p. 161-200. En: Arcila P., J.; [et al.]. SISTEMAS de producción de café en Colombia. Chinchina: CENICAFE : FNC, 2007. 309 p.
- Farfán V., F. (2014).Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café. Manizales, Caldas (Colombia),342 p
- Fernández Mayer, A. (2017). Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles / Aníbal Enrique Fernández Mayer. - 1a ed . – Bordenave, Buenos Aires : Ediciones INTA, Libro digital.
- Giraldo, Luis A. (1996). El potencial de los sistemas silvopastoriles para la ganadería sostenible. Pasturas Tropicales. CORPOICA, Memorias del curso, Medellín, 194p.
- Gliessman, S. R. (1985) Economic and ecological factors in designing and managing sustainable agroecosystems. In Edens, T. C., Fridgen, C. and Battenfield, S. L. (eds.) Sustainable agriculture and integrated farming systems. East Lansing: Michigan State University Press. pp. 56 - 63.
- Gómez, M.E, Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C I., Molina C.H., Molina, C.H., Molina, E. y Molina, J.P. (1995). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Cali, Colombia, 129p.

- González, M. O. & M.F. Aguilera. (2003). Capítulo V: Uso de modelos agrosilvícolas. Disponible en <https://agroforesteria.infor.cl/>. Último acceso: febrero 2021.
- González-Valdivia, N.A.; Casanova-Lugo, F; Cetzal-Ix, W. (2016). Sistemas agroforestales y biodiversidad Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 9, pp: 56-60. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320602.pdf>
- Holmann F, Romero F, Montenegro J, Chana C., Oviedo E. y Baños A. (1992). Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles en pequeños productores de leche en Costa Rica: primera aproximación. Turrialba 42:79-89.
- Iglesias, J.M. (2015). Sistemas de producción agroforestales. Conceptos y definiciones. *Pastos y Forrajes*. 22(4):287
- Lanza et al. (1999). Educación Ambiental Para El Trópico De Cochabamba Guía del Maestro Trópico de Cochabamba – Bolivia
- Montagnini, F. [et al.]. (2015). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales /– 1º ed. – Cali, CO: CIPAV; Turrialba, CR: CATIE, 454 p.: il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 402)
- Musálem, S., M. Á. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. 2(8), 91-100.
- Nair, P. K. R. (2003). Clasificación de los Sistemas Agroforestales. *In*: Krishnamurty, L. (coord.). *Agroforestería para el Ecodesarrollo*. (pp. 180-200). México. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.
- Nair, P.K.R. (1985). *Classification of Agroforestry Systems*. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, Holanda.
- Navarro Garza, H, Santiago S, Maúlen S, Vibrans Lindemann M, Heike, y Pérez Olvera, M A. (2012). La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 18(1), 71-86. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.124>
- Navarro, G., H. (2004). *Agricultura Campesina-indígena, Patrimonio y Desarrollo Agroecológico Territorial*. México. CONACYT-COLPOS.
- Preston, T.R. y Murgueitio, E. (1992). *Strategy for sustainable livestock production in the tropics*. SAREC/CIPAV, Cali, Colombia, 89p
- Reyes Jiménez y Martínez Alvarado.(2016) Establecimiento y manejo de cercas vivas. Fundación Produce Sinaloa. https://es.slideshare.net/razasbovinasdecolombia/manejo-de-cercas-vivas?from_action=save
- Sánchez, G., M. C. (1993). Árboles y arbustos utilizados como leña, en la comunidad de X-Uilub, Yucatán, México. *Revista Biótica, Nueva Época*, 1, 69-80.
- Santana Rodríguez M. Sin fecha. Los sistemas agroforestales y su clasificación. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35616/SISTEMAS%20AGROFORESTALES%20Y%20SU%20CLASIFICACION%3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Solorio, F., Petit Aldana, J., Casanova Lugo, F. y Ramirez-Aviles, L.. (2010). Notas de curso: Diseño y Evaluación de Sistemas Agroforestales. 10.13140/RG.2.1.4826.0881.
- Vergara N. (1985). Sistemas agroforestales: Una cartilla... Unasyuva - No. 147 - IX Congreso forestal mundial México
<http://www.fao.org/3/r1340s/r1340s05.htm#sistemas%20agroforestales:%20una%20cartilla>.
- Villanueva C. y Wachtel G. (2009). Agroforestería en la región San Martín: manual de promoción y capacitación para extensionistas. Manual técnico-
<https://www.biopasos.com/documentos/060.pdf>
- Warner (1994). Capítulo 3 - El sistema de corte y quema/barbecho En: La agricultura migratoria: conocimientos técnicos locales y manejo de los recursos naturales en el trópico húmedo. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación (Fao)
- Xu, Jianchu & Yi, Zhuang-Fang (2015). Socially constructed rubber plantations in the swidden landscape of southwest China. In book: Shifting cultivation and environmental change: Indigenous People, Agriculture and forest conservation (pp.794-810). Edition: 1st Chapter: 3. Specialization for markets or continued agrodiversity for subsistence? Publisher: Earthscan Editors: Malcolm F. Cairns

CAPITULO 3

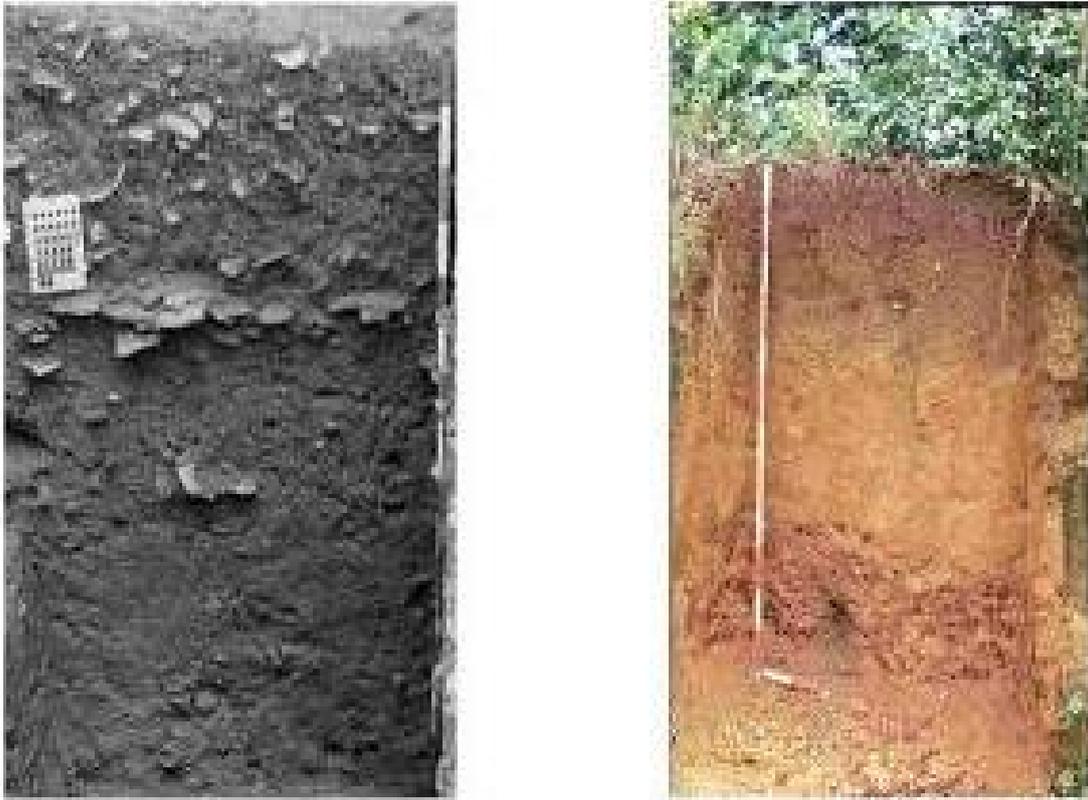
Principios de la agricultura sintrópica aplicables en sistemas agroforestales

Juan Martín Sánchez

El término Sistemas Agroforestales funciona como un paraguas que contiene en sí un mundo de posibilidades, como se vio en el capítulo 1 y 2 de este libro. A grandes rasgos se encuentran tres tipos de subsistemas, en función de si coexisten en el sistema de manejo el componente forestal con: animales y pastos (Sistemas silvopastoriles); cultivos agrícolas (Sistemas silvoagrícolas); o ambos (agrosilvopastoriles) (Petit, s.f). Si bien la primera vez que se define el concepto de Agroforestería fue en 1977, por Bene et al., este tipo de sistemas existe hace miles de años. A modo de ejemplo, Miller y Nair (2006) describen que la distribución de la Nuez de Brasil en el Amazonas está influenciada por el factor antrópico; eran los pueblos originarios los que realizaban arreglos funcionales con especies forestales en sistemas multiestratificados, donde la Nuez de Brasil prevalecía y era acompañada por una diversidad de especies frutales tal como sucede en los sistemas productivos agroforestales. Estas poblaciones vivían de la caza, la pesca, y el cultivo agrícola, hace más de 2000 años, incluyendo estrategias de manejo de suelo con especies anuales, tales como la mandioca (*Manihot esculenta*) y el arrurruz (*Maranta arundinacea*), en consorcio con especies forestales (Pries Devide, 2012).

Dichos asentamientos dejaron un legado importante para la humanidad: la conocida como “terra preta do indio” o tierra negra del indio, en español. Desde la eco antropología, y otras disciplinas afines, se estudia el fenómeno por el cual tierras coloradas de baja fertilidad se convirtieron en suelos fértiles, ricos en materia orgánica, con alta resistencia a la descomposición de la misma, y con gran capacidad para retener nutrientes y agua (Figura 1). El área promedio de las parcelas con este tipo de suelo es de 20 hectáreas (ha) pero se han encontrado algunas con hasta 350 ha de extensión (Departamento de Desarrollo Sostenible, FAO, 2001). En la terra preta, el horizonte superior con restos de carbón formando estratos de alrededor de 50 cm de espesor, pudiendo alcanzar los 2 m de profundidad en algunos casos. Esto contrasta con sus análogos horizontes organominerales de los suelos naturales (capa fértil) del resto de la Amazonia, cuya profundidad no suele exceder de 20 cm de espesor (Lehmann, 2008). Mucho hay para aprender de estos pueblos que supieron regenerar el suelo en vez de agotarlo.

Figura 1. Tierras coloradas de baja fertilidad se convirtieron en suelos fértiles



A la izquierda, calicata de Terra preta do Índio. A la derecha, calicata típica de los suelos de la región amazónica. Fuente: Pries Davide, 2012.

En este capítulo trata sobre los fundamentos de la agricultura sintrópica, que brinda herramientas para comprender cómo potenciar los procesos naturales, obteniendo a cambio sistemas equilibrados, sin dependencia de insumos, y altamente productivos. Estas herramientas o principios pueden aplicarse tanto en sistemas agrosilvopastoriles, como silvoagrícolas, y silvopastoriles.

Agricultura sintrópica

La agroforestería desde el punto de vista sintrópico es una forma de agricultura regenerativa impulsada por el poder de la sucesión natural que está más allá de lo orgánico y más allá de lo sostenible, y que produce en abundancia (Gietzen, 2016). Este tipo de agroforestería se clasificaría como Sistema Agroforestal Simultáneo, y es un tipo de agricultura basada en tecnologías de procesos, no de insumos. Cuenta con una serie de principios que fueron ideados por Ernst Götsch, quien viene trabajando tanto la teoría como la práctica desde hace años en diferentes partes del mundo, pero con mayor énfasis en la Fazenda Olhos D'Água, su establecimiento productivo en Pirai do norte, al sur de Bahía, Brasil, desde 1984 (Figura 2). Luego de 30 años de trabajar bajo este tipo de agricultura, logró transformar un paisaje de 480 hectáreas de pas-

tizal degradado por la tala indiscriminada y sobrepastoreo (cuyo dueño anterior tenía un aserradero y ganado mayor), en una selva altamente productiva y diversa, llena de especies nativas, donde renacieron 17 arroyos de agua que durante años estuvieron secos. Allí lleva adelante una producción diversificada con foco en cacao, en aproximadamente 7 ha y el resto de sus 480 ha están reforestadas y fueron destinadas a una Reserva Particular de Patrimonio Natural. El destino comercial es el mercado interno y externo, donde su producción de cacao ranquea entre los mejores por sus propiedades organolépticas. Los rendimientos en el cacao son similares a los de los productores de cacao convencionales, la mano de obra necesaria también, con la diferencia de que en algunos años en que se generalizó la enfermedad de la escoba de bruja en la región e hizo caer la producción, en la Fazenda Olhos D'Água no se vio tan afectada, evitando así pérdidas económicas.

Figura 2. Establecimiento productivo en Pirai do norte, al sur de Bahía, Brasil



A la izquierda, imagen de la Fazenda Olhos D'Água en 1984, a la derecha, Fazenda Olhos D'Água en 2015. Fotografía tomada del libro Abundancia agroforestal (Gietzen, 2016).

La característica principal de los Sistemas Agroforestales sintrópicos es su capacidad de optimizar la producción del territorio (unidad predial) a través de una producción diversificada, en la que los árboles cumplen un rol fundamental, obteniendo productos tales como maderas de baja y alta calidad, obteniendo primero cosecha de especies de rápido crecimiento y luego de especies de lento crecimiento, como muchas de las maderas nativas de los diferentes biomas de nuestro país. También provee de leña, frutas, medicina, forraje, miel, entre otros, dependiendo del diseño y de los objetivos perseguidos. Estos sistemas aprovechan de mejor manera la luz disponible a través de la estratificación del componente vegetal, y también hacen uso más eficiente del recurso hídrico, a través de la generación de microclimas que atenúan las temperaturas extremas y las velocidades del viento, disminuyendo la evapotranspiración. Además, contribuyen a regenerar el suelo, y evitan la erosión eólica e hídrica. Por otro lado, al ser producciones tan diversificadas, disminuyen los riesgos económicos que enfrentan las y los productores considerablemente (Milz, 1997). Existen casos también en los que se crían animales entre las líneas agroforestales, así como también cultivo de granos.

Por último, el término **sintrópía** sería un antónimo de entropía. Respetando ciertos principios básicos que operan en la naturaleza, el sistema, en lugar de tender al caos, simplificarse y liberar energía, tiende a complejizarse y a ordenarse, absorbiendo energía – proveniente del sol - en el proceso.

En este capítulo se hará hincapié en dichos principios de la Agricultura Sintrópica, mostrando ejemplos y elementos claves para poder pensar sistemas agroforestales capaces de responder a las problemáticas actuales de desertificación, degradación de suelos, que den herramientas para enfrentar los desafíos que respecta al cambio climático. También constituye una salida para fortalecer las economías locales y regionales y una fuerte opción para presentar planes de manejo en zonas amarillas del Ordenamiento Territorial (categoría II) de la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Ley Nacional 26.331).

Cabe aclarar que se aborda la temática de forma introductoria, por ende, quienes estén interesadas en profundizar, las/os invito a escribirme¹, a seguir leyendo, estudiando, ya que muchas cosas importantes quedarán por fuera de este apartado.

Principios de la agricultura sintrópica

1. Mantener siempre el suelo cubierto.
2. Concentrar energía y generar biomasa de forma eficiente.
3. Dinamizar los procesos para dar lugar a la Sucesión natural.
4. Realizar deshierbes selectivos y poda.
5. Maximizar la fotosíntesis.
6. Tener conocimiento sobre la ecofisiología de las especies utilizadas para ubicarlas en su nicho correspondiente.
7. Sincronizar los plantíos
8. Entender qué es lo que hace de bueno cada organismo en el sistema.

Los principios se colocan aquí en una secuencia para facilitar la lectura. Esto no significa que haya alguna jerarquía entre ellos, por lo contrario, están todos interconectados, y la no aplicación de cualquiera de ellos puede debilitar nuestro sistema haciendo que se pierda energía disponible (y por ende contribuyendo a la entropía, y no a la sintropía).

Mantener siempre el suelo cubierto

Este principio merece su dedicación y se espera de las y los lectores especial atención, dado que es el fundamento por el cual se desarrollan el resto de las prácticas. La vegetación para el suelo es como la piel para el cuerpo humano. Un suelo desnudo es un suelo que continuamente se está degradando, a través de:

- La mineralización de la materia orgánica y la consecuente pérdida de los nutrientes.
- La pérdida de la estructura del suelo.

¹ Juanma.cipo@gmail.com

- La disminución de la capacidad de almacenar y retener el agua.
- La compactación del suelo y por ende el aumento de los procesos anaeróbicos, desfavorables para el crecimiento de las plantas.
- La disminución de la infiltración del agua.
- Procesos erosivos que pueden constituir problemas irreversibles en el corto, mediano y largo plazo, como la formación de cárcavas, desplazamiento de laderas, etc.

Por el contrario, cubriendo el suelo ya sea con plantas (cobertura viva) como con materia orgánica en descomposición (hojarasca, troncos, ramas, etc.), no solo se frenan los procesos erosivos, sino que mejorarán las condiciones del suelo, contribuyendo a su complejización. La cobertura del suelo es una premisa importante para garantizar la elevada humedad relativa del aire y la estructuración del suelo, así como para prevenir al máximo la erosión. A su vez, evita que el suelo esté a la intemperie, minimizando la amplitud térmica y, por ende, disminuyendo la evapotranspiración, dando lugar a un suelo húmedo por mayores períodos de tiempo, generando las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida en el suelo – ya sea la microbiología, como las plantas y fauna del suelo.

La práctica frecuente e intensa de la poda es la herramienta más utilizada por la agricultura sintrópica para generar cobertura permanente en el suelo de forma eficiente, y es fundamental para favorecer la ampliación de los nichos ecológicos de los organismos edáficos, y la consecuente liberación de los nutrientes para la sustentación de las agroforestas (Steenbock y Vezzani, 2013). A modo de ejemplo, Ernst Götsch en su establecimiento productivo “Olhos de agua” en Brasil, logra ciclar entre 180 a 200 toneladas de materia verde por hectárea, que corresponde a 15 a 20 toneladas de materia seca, en una producción diversificada, con foco en cacao, en sistemas productivos maduros (Götsch, 2018). A continuación, se profundizará en los beneficios que trae la incorporación de materia orgánica al sistema.

En primer lugar, no toda la materia orgánica en descomposición es igual, ni se descompone de la misma forma. Sin embargo, es preciso hacer un repaso general de cómo es su ciclo: una parte se incorpora a la biomasa microbiana, otra se transforma en materia orgánica humificada y en el proceso, hay liberación de dióxido de carbono a la atmósfera, como subproducto de la descomposición, como también disponibilización de nutrientes que podrán ser consumidos por microorganismos y/o absorbido por las plantas (Steenbock y Vezzani, 2013). Así, aumenta la materia orgánica en forma de carbono lábil, de rápida transformación y por ende disponible para ser asimilado, como también carbono estable - humus - dependiendo del tipo de material del que se parta.

Este aumento contribuye a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. En cuanto a las primeras, a partir de los macro agregados que forman la materia orgánica particulada (las que van de 0,053 mm a 2 mm de tamaño) aumenta la porosidad, dando lugar a más cantidad de poros, y de mayor tamaño. Esto facilita la infiltración y el drenaje del agua, aumenta la presencia de agua y aire en el ambiente del suelo, factores esenciales para promover la vida de

los organismos edáficos (Steembock y Vezzani, 2013), lo que es también un ambiente ideal para el crecimiento de las plantas y en particular de sus raíces.

No sólo aumenta la actividad biológica de los microorganismos, sino de toda la red trófica, lo que conlleva a un aumento en cantidad y diversidad de la micro y meso fauna, los cuales aportan a la formación de macro poros a partir de las galerías que hacen en el suelo al desplazarse. Estos mejoran aún más la estructura del suelo, y nuevamente mejoran la infiltración y el drenaje del agua. Esto, sumado a que la materia orgánica tiene capacidad de retener agua, hace que la misma sea almacenada de forma más eficiente en el perfil del suelo.

En cuanto a las propiedades químicas, la materia orgánica contribuye a que los nutrientes siempre se encuentren en su forma asimilable por las plantas, al actuar como buffer y corregir el pH de los suelos. Esto se da ya que el pH en el cual todos los micro y macro nutrientes se encuentran disponibles, es el mismo que el pH que tiene la materia orgánica – entre 6,5 y 7,5.

Por otro lado, la materia orgánica estable tiene gran capacidad de intercambio catiónico (CIC), por ende, contribuye a la retención de los nutrientes en el suelo, evitando que se pierdan progresivamente. Steenbook (2013) compara los valores de CIC que presentan algunos minerales del suelo con respecto a la materia orgánica humificada. En la tabla 1 se pueden ver dichos valores entre los que se encuentra cada material, y se puede apreciar el gran aporte que hace la materia orgánica a la CIC.

Tabla 1. Valores de CIC (cmolc/kg) en los que oscila cada material

Material	Caolinita	Vermiculita	Materia orgánica humificada
CIC (cmol(+)/kg)*	3 a 15	115 a 250	400 a 1400

* cmol (+) /kg = meq/100gr

Como se dijo anteriormente, también puede cubrirse el suelo con coberturas vegetales. Al contrario de lo que se dice muchas veces, las plantas, los cultivos, no agotan el suelo. Más bien las prácticas asociadas a ellas son las que lo deterioran. Todas las plantas son capaces de fijar carbono y, por ende, materia orgánica – no solo en la parte aérea, tallos, hojas, troncos – sino también, en el suelo. Jones (2008) explica lo que ella llama “La vía del carbono líquido”, y establece que, bajo condiciones adecuadas, entre el 30 y el 40% del carbono fijado en hojas verdes suele ser transferido al suelo y rápidamente humificado a través de las hifas de hongos micorriza. Esto se da en un proceso en el cual la planta exuda azúcares simples que son re sintetizados en polímeros de carbono altamente complejos por la microbiología asociada – en general micorrizas. Estos polímeros están formados por carbono y nitrógeno de la atmósfera, combinados con diversos minerales del suelo.

Por otro lado, Jones (2018) diferencia el carbono humificado, de la reserva lábil de carbono orgánico: difieren tanto a nivel físico, químico como biológico. Esta última se forma cerca de la superficie del suelo a partir de entradas de biomasa (tal como residuos de cosecha, podas,

raleos), los cuales son inmediatamente descompuestos – exceptuando la biomasa lignificada, la madera – la cual tiende a formar humus estable y duradero (Dos Santos Rebello, 2017). En contraposición, el carbono humificado, forma una parte estable e inseparable de la constitución del suelo, que puede permanecer intacta durante cientos de años, y es fijado a una razón de entre 5 y 20 toneladas de CO₂ por hectárea por año. (Jones, 2008). Esta autora destaca, además, la necesidad de una gran variedad de microorganismos de suelo para la formación de humus y de estructura en el suelo, incluyendo hongos micorriza, bacterias fijadoras de nitrógeno y bacterias solubilizadoras de fósforo. Los microorganismos y las plantas cooperan entre sí; las primeras obtienen su energía de los azúcares de las plantas (carbono líquido), y a cambio proveen a las plantas de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno y zinc. Las micorrizas tienen la capacidad de asociarse con varias plantas bajo tierra y facilitan la transmisión de nutrientes entre diferentes individuos, incluso entre diferentes especies (Jones, 2008). Este fenómeno tiene singular importancia en los bosques donde la regeneración de ciertas especies no podría sobrevivir (en general por falta de luz y, por ende, por incapacidad de hacer la fotosíntesis), sino fuera porque plantas “madre” le facilitan el carbono, u otros nutrientes que las plantas pequeñas no pueden alcanzar, a través de las micorrizas. Existen numerosos estudios que han comprobado dicho comportamiento y lo más interesante, es que la comunicación a través de las micorrizas no sucede entre plantas de una misma especie, sino que es interespecífico. La cooperación entre plantas no existiría sin los microorganismos del suelo. De esta manera, a medida que la estructura vegetal se torna más y más compleja, también lo hacen los microorganismos, y juntos, mejoran la estructura del suelo.

Concentrar energía y generar biomasa de forma eficiente

Con el fin último de aumentar los tenores de materia orgánica en el suelo, y partiendo de la premisa “suelo sano, plantas sanas” es que se recurre a este principio – estrategia, para acelerar los procesos de regeneración del suelo, complejizar el sistema, y reactivar la vida del suelo. En la práctica, significa cubrir el suelo con materia orgánica en descomposición asegurando un colchón permanente de cobertura de un espesor de mínimo 10 cm, sin existir un máximo. Es decir, mientras más cobertura, mejor. El suelo conservará mejor la humedad y se acelerarán todos los procesos, así como también disminuirán los eventuales estreses que le pueden ocurrir a las plantas.

En los sistemas agroforestales, la materia orgánica se dispone imitando el nido de las aves (Figura 3), rodeando los tallos de las plantas, donde la periferia del mismo es más elevada, con mayor cantidad de material, y en el centro – donde irían ubicadas las plantas - menor cantidad y espesor. Esto se hace para evitar ataque de hongos en los tallos de las plantas.

Figura 3. Cobertura del suelo en SAF

A la izquierda, diferencia en el crecimiento en cultivos con cobertura (parte de abajo de la foto) en comparación con cultivo sin cobertura (parte de arriba). A la derecha, detalle de la forma de nido en la que se dispone la cobertura. Fotos tomadas de Gietzen (2016) y de Namaste agroforestal (cuenta en Instagram).

La forma de organizar el material es también importante. Se busca disponerlo sobre el suelo de forma lo más pequeña posible, y asegurando que esté en contacto con su superficie (Steenbock y Vezzani, 2013). No existen recetas, y siempre va a depender de los recursos locales con los que se cuente, pero a grosso modo, es conveniente colocar los materiales que más tardan en descomponerse, como la madera (ya sea en forma de troncos, chips, viruta), con la mayor superficie en contacto con el suelo posible, y por encima, hojas, rastrojo, paja. Esto permite que la madera permanezca húmeda, susceptible a ser degradada por hongos descomponedores. De lo contrario, si la madera no queda apoyada sobre el suelo, o bien si queda expuesta al rayo del sol, ésta se secará y tardará muchísimo tiempo en descomponerse y aportar sus beneficios al sistema.

En cuanto a los tipos de materiales, mientras más diverso sea su origen y granulometría, mejor. Cada material aportará diferentes cualidades, nutrientes, tendrán diferente relación carbono – nitrógeno, y tendrán su propio camino para descomponerse, aumentando de esta forma la cantidad de nichos ecológicos para la microbiota del suelo, que será la encargada de disponibilizar los nutrientes para las plantas.

Entre los agricultores agroforesteros/as de Brasil se dice que la mejor escuela es el monte, y que hay que imitar los procesos que en el ambiente nativo ocurren. No existe ecosistema cuya cobertura vegetal y material en descomposición provenga de una sola especie, y muchas veces, tampoco provienen de plantas de un mismo hábito: suele haber arbustos, árboles, rastreas, hierbas, pastos. En este sentido es importante comprender el papel que cumplen los árboles, así como también algunos arbustos y pastos cuyas raíces exploran el perfil del suelo en profundidad, en el ciclado de nutrientes. Éstos, absorben cantidades significativas de nutrientes del subsuelo que son depositadas sobre la superficie a través de las hojas y gajos caídos, o a través de la poda o muerte de raíces superficiales. Este proceso de translocación aumenta el stock de nutrientes disponibles en las capas menos profundas del suelo (Steenbock y Vezzani, 2013). Además, estas plantas funcionan como “bombas de agua”, contribuyendo a humedecer el perfil del suelo con agua disponible en las profundidades, en momentos en que las capas superficiales del mismo se encuentran secas.

Para contar con materia orgánica para cubrir el suelo en todas las etapas del cultivo, es preciso diseñar y planificar bien cuáles serán las plantas que aportarán biomasa y en qué momento. Para ello, se eligen especies cuyo fin principal es el de proveer biomasa – lo que no significa que no tengan otros usos. De esta manera, habrá diferentes fuentes de biomasa en cada etapa: al principio acumularán mayoritariamente materia orgánica las gramíneas, sumado a algunas herbáceas, luego el raleo de árboles, o plantas de placenta (se verá más adelante), y por último, serán las podas de los árboles, y los raleos, de ser necesario, los que mantendrán el suelo cubierto hasta que termine el ciclo de la producción (Figura 4).

En algunos sistemas, el corte de las gramíneas y su deposición en los canteros está mecanizado, donde el tractor corta y apila el pasto en las líneas de los árboles. Lo que se suele hacer es distanciar las filas de árboles de forma tal que la pastura (nativa o implantada) pueda crecer y generar la cantidad de biomasa necesaria para cubrir los canteros los primeros años. Se deja crecer, se corta antes de que florezcan, y se las dispone cuidadosamente en los canteros. Es importante cortar – sea con la herramienta que sea – con cuchillas afiladas. En el caso de cortar con motoguadaña con tanza, ésta no hace cortes limpios, lastima a la planta y, por ende, pierde vigor, y tarda más en rebrotar. Otra estrategia consiste en plantar especies de rápido crecimiento, como el vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), que, gracias a su gran desarrollo radicular, también sirve para traer a la superficie nutrientes del subsuelo, así como también se la considera una “bomba de agua”. Éstas serán intensamente podadas para poder cubrir el suelo. Entre agroforesteros/as suelen decir: *se planta pasto para no carpir pasto*.

El distanciamiento entre filas de árboles dependerá de la capacidad del sistema de producir biomasa. Si contamos con pasturas altamente productivas, el distanciamiento se reduce. Si, por el contrario, el área está muy degradada, será conveniente separar las filas un poco. Una estrategia es implantarlas al doble de la distancia definitiva, “salteando” una fila de árboles el primer año, para volver al año siguiente y completar el diseño con la fila faltante. Se supone que, para ese momento, las pasturas estarán recuperadas generando cada vez más biomasa, lo cual hay que corroborar observando la evolución del sistema. Para dar una idea, aunque lejos de ser una receta, Corrêa Neto et al. (2016), en Brasil, recomienda distanciamientos entre líneas de 3 a 4 veces el ancho a cubrir. Si el cantero que estamos armando para la línea agroforestal es de un metro, la distancia entre filas será de 3 a 4 metros. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en Argentina la radiación solar difiere mucho con la de Brasil, así como la productividad de las pasturas y la velocidad de descomposición de los materiales. Estos factores hacen que las distancias para agroforests en estas latitudes tengan que alejarse un poco entre sí.

Otra práctica frecuente es la de hacer caminos al costado de los canteros con troncos, para evitar la compactación superficial por el pisoteo continuo, los procesos anaeróbicos asociados, y el perjuicio a la actividad microbiana que tanto buscamos favorecer – y, además, para que éstos se vayan degradando y aportando materia orgánica al sistema, alimentando a la vida del suelo. Algunos productores hacen estos caminos con el pseudotallo de bananos, el cual es fácil de manejar, fácil de cortar y disponer en el suelo. Para evitar la reproducción del gorgojo negro del banano (*Cosmopolites sordidus*), lo cortan transversalmente, y lo ponen boca abajo. De

esta manera funcionan como una trampa, ya que ponen los huevos en el pseudotallo, y cuando eclosionan y salen las larvas, no les da el tiempo para alcanzar la adultez y acaban muriendo. Por otro lado, funciona como un gran abono, ya que es muy rico en nitrógeno, minerales y agua. Mantiene el suelo húmedo y lo deja libre de hierbas y pastos (Corrêa Neto et al. 2016).

Figura 4. Prácticas sintrópicas.



A la izquierda: detalle de la distancia entre líneas, caminos hechos con madera y canteros con cobertura vegetal, además de troncos de bananos colocados transversalmente. En el centro, cantero agroforestal típico, realizado colocando los pseudotallos de bananos boca abajo, cortados a la mitad. (Ambas fotografías de Namaste Agroforestal) Y a la derecha, detalle de la superficie del suelo por debajo del camino, habiendo utilizado los pseudotallos de banano: suelo húmedo, sin compactar, con alta presencia de lombrices, a pesar de ser un lugar bien transitado. (Fuente propia).

Maximizar la fotosíntesis.

En la naturaleza, las plantas producen muchas más semillas del número de plantas que se tornan adultas. Esto también se hace así en las agroforestas. Se planta una gran cantidad de semillas de cada especie, preferentemente de plantas madre diferentes. En Brasil lo llaman “muvuca de sementes”, algo así como mezcla de semillas, pero que hace alusión a una técnica ancestral que utilizaban los pueblos originarios para reforestar las áreas linderas a sus establecimientos con especies de corto, mediano y largo ciclo, al mismo tiempo que sembraban cucurbitáceas, mandioca, entre otras. Las especies sembradas tenían varios usos: medicinales, frutales, maderables, usos místicos, entre otros. Del total de semillas, algunas no germinarán, otras sí y serán predadas o parasitadas, y otras todavía podrán ser retiradas del sistema para generar cobertura del suelo (Steenbock y Vezzani, 2013). Se puede decir que las semillas y el tiempo son el abono de nuestro sistema, por lo que nunca están de más. Otra frase muy utilizada por los agroforesteros/as, a la hora de diseñar, es: “Ante la duda, plante”. La decisión de ralea una especie para abrirle el nicho a otra de preferencia es un lujo que se da en este tipo de agricultura, al tiempo que se regenera el suelo. De todas las especies creciendo, algunas serán direccionadas para producir lo que es de nuestro interés: fruto, flores, madera, semillas, hojas; y otras serán transformadas en abono para los cultivos.

Partiendo de la base que la productividad de un sistema crece en función al flujo de carbono (Milz, 1997), y en concordancia con lo que ya se viene diciendo, se busca acelerar este flujo, y para ello, retomamos la teoría de la vía del carbono líquido. Acumular carbono en el suelo de

forma estable es un proceso que comienza con la fotosíntesis y termina con la humificación. Muchos sistemas de producción agrícola industrial no consiguen almacenar carbono en el suelo de forma estable debido a la falta de capacidad fotosintética suficiente y/o el uso elevado de fertilizantes sintéticos u otros químicos que inhiben el establecimiento de la asociación planta – microbio. Estos factores han sido pasados por alto en la mayoría de modelos de captura de carbono en el suelo (Jones, 2008). Si se aumenta la fotosíntesis, también lo hace la fijación de carbono, se acelera el flujo y aumenta la productividad del sistema. Además, al maximizar la fotosíntesis diversificando las especies vegetales, también se diversifica la microbiología del suelo, y se maximiza el control y equilibrio de plagas y enfermedades (Jones, 2014)

En otro trabajo realizado por Jones (2011) midieron los niveles de carbono en dos parcelas donde el material parental, pendiente, aspecto, lluvia y explotación agrícola eran los mismos, y también lo era el nivel inicial de carbono en el suelo. Una parcela era un potrero manejado, cultivado y pastoreado para incrementar la actividad fotosintética, y la otra, era un potrero manejado convencionalmente, a 10 metros de la valla, cuyo ganado ha sido manejado con pastoreo continuo y con una larga historia de aplicación de fosfatos. Hicieron una calicata y analizaron los perfiles: en la primera parcela (a la izquierda de la figura 5), encontraron que los niveles de carbono en los primeros 10 centímetros eran muy similares a los de la segunda parcela (a la derecha de la figura 5). Dicho carbono es resultado de la descomposición de la materia orgánica en superficie (hojas, raíces, estiércol, etc.) que forma carbono lábil inestable, de cadena corta. Sin embargo, en la parcela manejada en pos de aumentar la fotosíntesis, los contenidos de carbono que se encuentran por debajo de los 30 cm de profundidad, han sido fijados mediante la vía del carbono líquido y ha sido rápidamente incorporado a la fracción húmica – no lábil – del suelo. Es carbono de cadena larga, muy estable. En la parcela con manejo convencional no existió tal fijación de carbono. Esta simple diferencia hizo que el potrero de la izquierda pueda mantener el doble de ganado que el potrero de la derecha (Jones, 2011).

Figura 5. Niveles de carbono en dos parcelas.



A la derecha, línea agroforestal utilizando estratos, manejado con podas, maximizando la fotosíntesis. A la izquierda, ensayo hecho por Jones (2011), comparando perfil edáfico y contenido de carbono en un potrero manejado para maximizar la fotosíntesis, con otro potrero con manejo convencional, pastoreo continuo. (Fuente Namaste Agroforestal)

De esta manera, se comprueba el poder y la importancia de maximizar la fotosíntesis en pos de aumentar la productividad y fitosanidad del sistema.

Por último, retomando el trabajo de Ernst, mientras intentaba llevar adelante sus cultivos en áreas degradadas, tuvo varios “fracasos”, hasta que empezó a plantar árboles de rápido crecimiento en alta densidad, especies exóticas. Luego de un año, dos, comenzó a podarlos severamente. Fue entonces que descubrió que, con la materia orgánica aportada por las podas, así como también el sombreado parcial que les otorgaban a sus cultivos objetivos, generó las condiciones necesarias para que éste pueda instalarse y desenvolverse. Además, descubrió que las plantas que crecían acompañadas de especies nativas tenían mayor vigor en su crecimiento y sanidad. Fue así que empezó a hacer uso de estas especies de rápido crecimiento capaces de devolverle la fertilidad al suelo, entremezcladas con plantas nativas, para llevar adelante sus cultivos.

Dinamizar los procesos para dar lugar a la sucesión natural.

Como se vio anteriormente, es preferible plantar en alta densidad, para aumentar la vida en el suelo, para complejizar, aumentar los tenores de materia orgánica, generar porosidad en el suelo, estructurarlo, entre otros. Para lograr esto y aprovechar mejor el tiempo y el espacio, es necesario intercalar especies de diferentes ciclos de vida, ya que, si por ejemplo se plantan especies de ciclo de vida largo una al lado de la otra, cumpliríamos el principio de maximizar la fotosíntesis, pero rápidamente deberíamos elegir los ejemplares más desarrollados y ralea el resto. En principio no estaría mal, pero si se plantan especies que van a ser cosechadas a los meses de sembradas, otras al año, otras a los dos años, y así sucesivamente, no haría falta ralea, sino más bien cosechar y aprovechar los rastrojos que va dejando cada cultivo que pasa para cubrir el suelo. De esta manera no hace falta esperar tanto tiempo para obtener un ingreso económico, a la vez que se contribuye a mejorar el suelo y “criar” las especies forestales y frutales del futuro. Se trabaja en el diseño para llevar adelante cultivos hortícolas los primeros años en las líneas de agroforesta, así como también cultivo de granos entre líneas (si se desea y en función de la materia orgánica que pueda generar la línea de árboles ya que sería la única fuente de biomasa para cubrir los canteros); hasta que llega el momento en el que los árboles han crecido tanto que, a pesar de las podas, sombrea y desplazan a estas especies altamente exigentes en luz. Así se hace uso de la sucesión natural como una herramienta para mejorar continuamente el suelo, impulsando al sistema a alcanzar niveles altos de fertilidad que sean capaces de albergar tipos de vida cada vez más exigentes en materia de nutrientes, estructura, exposición a la luz, disponibilidad de agua, entre otros.

Se entiende por sucesión ecológica o natural al fenómeno de evolución y complejización de los ecosistemas ocurrido en ambientes que fueron desestabilizados o perturbados, y que poco a poco se van repoblando, dando lugar a que puedan habitar otras especies con características diferentes, hasta llegar a un estado de maduración, o de clímax. Se distinguen es-

pecies que cumplen diferentes roles: las especies colonizadoras, las primeras en establecerse en un determinado ambiente; luego las especies pioneras, llamadas “especies facilitadoras”, que crean las condiciones para que el próximo consorcio pueda crecer (Götsch, 1992). Le siguen las especies secundarias, o de sucesión tardía, que presentan estrategias de reproducción y dispersión muy diferentes, así como también requieren de mayor cantidad de materia orgánica en el suelo y toleran menos las sequías. Por último, son las especies llamadas “climácicas” las que logran instalarse como último consorcio de especies. En la naturaleza, colonizadoras, pioneras, secundarias y especies climácicas tienden a crecer juntas, solo que a velocidades diferentes: las primeras tienen vida muy corta y tienden a hacer de placenta protectora ya que los árboles cuando nacen son muy frágiles (Dos Santos Rebello, 2018). Cuando se retiran, las pioneras crecen más deprisa que las secundarias, y éstas, más que las climácicas. Entre las secundarias, están las iniciales, medias y tardías. Las colonizadoras preparan las condiciones para las pioneras, éstas para las secundarias, hasta llegar a las climácicas, plantas longevas de lento crecimiento. En este sentido, Ernst Götsch identificó, en base a los procesos ocurridos a través de la sucesión natural, tres sistemas: de colonización, de acumulación y de abundancia (Figura 6).

Los sistemas de colonización se caracterizan por desarrollarse en ambientes donde se inicia la vida, en general después de algún disturbio de primera magnitud, ya sea deslizamiento de laderas, erupción de un volcán y el posterior enfriamiento de la lava, entre otros. Las primeras formas de vida que aparecen son bacterias, luego hongos, algas, musgos, y líquenes. Estas primeras transformaciones del ambiente dan lugar a que las primeras plantas puedan instalarse, por lo general gramíneas anuales, que suelen ocupar rápidamente el espacio, no requieren de alta fertilidad en el suelo, florecen y semillan en poco tiempo, resisten a alta insolación, altas y bajas temperaturas, fuertes vientos, entre otras. De a poco se va mejorando el suelo y se abren nichos ecológicos que permiten que se establezcan otras formas de vida, como herbáceas, arbustos y árboles pioneros, pertenecientes a sistemas de acumulación, además de fauna del suelo.

Los sistemas de acumulación alcanzan la tasa máxima de producción de materia orgánica tanto en el suelo como en los organismos que lo componen. A medida que se estructura más cantidad de vida, se disponibiliza crecientemente la energía y los nutrientes, empiezan a aumentar los niveles de nitrógeno en las plantas, aumentando por ende los procesos de la fotosíntesis, que superan a los de la respiración. Esto se puede ver en las hojas, ya que poco a poco, se van tornando menos coriáceas y más suculentas, y con mayores porcentajes de nitrógeno. Es así que la materia orgánica se acumula con velocidad creciente en los suelos (Corrêa Neto et al., 2016). Dentro de este sistema encontramos a especies como Fumo bravo (*Solanum granulosum-tuberosum*), *Sesbania punicea* y *Sesbania virgata*, Curupí (*Sapium haematospermum*), Guarán amarillo (*Tecoma stans*), Tala (*Celtis ehrenbergiana*), Falso caféto (*Manihot grahamii*), sen del campo (*Senna corymbosa*), Ceibo (*Erythrina crista-galli*), cactáceas en general, entre otras, las cuales son pioneras. También anacahuita (*Blepharocalyx*

salicifolius), canelón (*Myrsine laetevirens*), koku o chal (*Alophylus edulis*), coronillo (*Scutia buxifolia*), a modo de citar algunos ejemplos, que son secundarias.

Por último, en los sistemas de abundancia se ha acumulado tanta materia orgánica que seguir produciéndola no es prioridad para los organismos forestales. Al contrario, en estos sistemas se empieza a exportar materia orgánica para otros lugares, como veras de ríos, manglares y hasta los océanos. En esta etapa de la sucesión, las plantas tienen baja relación de carbono – nitrógeno, producen gran cantidad y variedad de frutos, más grandes y sabrosos. De esta manera, crían y atraen una gran cantidad y diversidad de animales que dispersan las semillas, llevándolas a otras áreas donde germinarán y constituirán nuevos sistemas de abundancia. Es en los claros de estos sistemas avanzados en la sucesión natural, que se encuentran las condiciones naturalmente perfectas para el desarrollo de la mayoría de nuestros cultivos, lo que torna a esta situación nuestro objetivo a lograr en nuestros Sistemas Agroforestales Agroecológicos (Corrêa Neto et al., 2016). Ejemplos de especies que conforman este sistema son: de estrato emergente: nuez pecán, nogal, araucaria, papaya. Estrato alto para emergente: pera; de estrato alto: manzana, acerola, siete capotes, palmito, higo, mango, maracuyá, vid, olivos, pitaya, entre otros; de estrato medio para alto: palta, arazá, yerba mate, jaboticaba, níspero. Estrato medio: cítricos en general, algunas variedades de banana, guayaba, grosella, pitanga, uvaia, durazno, membrillo. Estrato bajo: ananá, arándanos. (Corrêa Neto et al., 2016; Dos Santos Rebello, 2018).

Figura 6. Sistemas de colonización, de acumulación y de abundancia.



A la izquierda, fotografía de un sistema de colonización. Al centro, Sistema de acumulación. A la derecha, sistema de abundancia. Fuente: Namaste Agroforestal.

En la práctica se podría iniciar una agroforesta con hortalizas, secundarias primarias, secundarias tardías y climácicas, con representantes en todos los estratos. La producción hortícola también tiene en cuenta la sucesión y estratificación de los cultivos: para aprovechar mejor el espacio, se planta la rúcula entre los plantines de lechuga, y cuando la lechuga empieza a competir por luz con la rúcula, esta última habrá llegado al punto de poder ser cosechada (a los 40 días), lo que libera espacio para que se termine de desarrollar la lechuga. Lo mismo sucede entre las lechugas y los brócolis, que a su vez están a los costados del cantero, y en el centro, plantas de tomate, distanciadas igual que como se hace en monocultivo. La cantidad de rúcula que se siembra es la mitad de la que se podría sembrar si fuese en monocultura, por ende, el 50% de su potencial. La lechuga se planta igual

que en monocultivo: al 100% de su potencial. Los brócolis no se plantan tan juntos, se los planta al 50% para poder dejarle lugar a las lechugas. Los tomates, se plantan al 100% de su potencial. También se podría sembrar junto con las rúculas, puerro, al 10% del área potencial que se plantaría en monocultivo. Si sumamos los porcentajes de cada uno de los cultivos, obtenemos como resultado 210%: contra 100% si se cultiva solo en monocultura. Se hizo provecho del lugar, a través de la estratificación y la sucesión natural, en más del doble de su potencial, utilizando la misma cantidad de abono, misma cantidad de cobertura vegetal, mismo trabajo de preparado de sitio, maximizando la fotosíntesis en cada una de las etapas, y cubriendo la mayor cantidad de nichos posibles y por lo tanto, reduciendo los nichos disponibles para que crezcan “malezas”.

A este primer consorcio de plantas, se las llama **placenta uno** (Figura 7), justamente porque es la que alimenta y protege a nuestra agroforesta del futuro. Si hubiésemos plantado mandioca, caña de azúcar, tabaco, entre los tomates, cada dos metros, aseguramos lo que se llama placenta dos (Figura 7), que protegerá al suelo por más tiempo, cuando ya los tomates y brócolis se hayan retirado del sistema. Si además se siembra papaya, ananá, maracuyá, bananas, daremos lugar a las secundarias iniciales, que protegerán a las plantas secundarias intermedias y tardías (Figura 8), como pueden ser madereras de rápido crecimiento, árboles para leña, forrajeras, entre otras (todas especies del sistema de acumulación), hasta que por último llegará el momento de cosechar a las climácicas, de sistemas de abundancia: paltos, nogales, mangos, duraznos, manzanas, cítricos, jabuticabas, y maderas nobles de lento crecimiento y alta calidad.

Figura 7. Placenta uno y dos.



A la izquierda, imagen de placenta uno: canteros con asociación de cultivos. A la izquierda, placenta dos, con gran desarrollo de Mandioca y porotos por debajo, entre otras. Fuente: CEPEASORG.

Figura 8. Etapa sucesional con secundarias

Iniciales en la imagen de la izquierda (con ananá y banana produciendo, y guapuruvú como fuente principal de biomasa) y tardías en la imagen de la derecha. Fuente: Hudsonanaua.

Producto de este manejo es que las raíces de cada una de las plantas que van abandonando el sistema – las cuales alcanzan cada vez más profundidad – son fuente de alimento para la microbiología del suelo, se descomponen y dejan el lugar en mejores condiciones del que lo encontraron, además de haber estado contribuyendo a fijar carbono al suelo a través de sus exudados, tal como vimos con la teoría de la vía del carbono líquido. De esta manera se crean nichos nuevos, para que sean ocupados por otras plantas. Estos pulsos de luz y sombra, de raleo de raíces, raleo de individuos, son el motor que impulsa a crecer a toda la agroforesta.

Realizar deshierbes selectivos y poda.

Deshierbe selectivo es un término creado por Götsch, que significa remover del sistema aquellas plantas que son de sistemas anteriores en la sucesión natural. Este principio deja algo claro: se debe evitar desyuyar por desyuyar. Se debe evitar “limpiar el terreno”. Si nace una planta espontánea, está indicando algo: hay un nicho vacío y tiene que ser ocupado por alguna planta para mejorar el sistema. Cabe identificar si nuestro sistema se encuentra en una etapa de colonización, acumulación o abundancia para saber cómo vamos a proceder: siempre hay que retirar las especies de sistemas sucesionales anteriores, para permitir que avance hacia sistemas de abundancia. Si por ejemplo nos encontramos manejando una parcela en condiciones de acumulación, es preciso sacar las plantas anuales, los pastos que forman parte de un sistema de colonización. Si nos encontramos en un sistema de abundancia, es necesario sacar las especies que forman parte del sistema de acumulación. Por otro lado, mientras que la especie que aparece espontáneamente en la línea agroforestal pertenezca al mismo sistema que nuestra línea (colonización, acumulación o abundancia), no es necesario sacarla. Mejor es

dejarla y manejarla: podar, que genere materia orgánica y aporte al ciclado de nutrientes de nuestro sistema, hasta que sea necesario ralear.

En cuanto a la poda, en el inciso anterior se nombraron algunos beneficios. Otros se vieron en el primero: son fuente de materia necesaria para cubrir el suelo. En el caso de podar árboles e incorporar troncos y ramas al suelo, cabe agregar el por qué es que éstos contribuyen notablemente a mejorar el suelo. Aplicar como cobertura madera “rameal” – pedazos de madera de no más de 5 cm de longitud, que provienen de ramas de un diámetro no mayor a 7 cm – viene siendo estudiada por diferentes autores y en sus ensayos han tenido resultados prometedores. Algunos ejemplos son: eliminación de nematodos en producciones hortícolas en Senegal; aumento de materia seca en papa y eliminación de la esclerosis (*Scleroderma sclerotinium*) en casi su totalidad; aumento de materia seca en maíz en un 400% en Costa de Marfil aportando madera rameal de *Azadirachta indica* y *Gliricidia sepium*; aumento del rendimiento del tomate en un 400%; un 1000% en berenjena; entre otros (Guarachi Condori, 2021). Es importante a la hora de aplicarla, no mezclarla en el suelo ya que esto contribuiría a inmovilizar nutrientes. Por lo contrario, si se aplica en superficie, se estará fijando nitrógeno en el suelo, ya que los microorganismos se encuentran con un material a degradar con una relación carbono – nitrógeno más o menos alta, dependiendo del material, lo que favorecerá la aparición y el desarrollo de bacterias fijadoras de nitrógeno, vitales para continuar con el proceso de degradación del material. De esta manera, brindará todos sus beneficios: retención de humedad, habiéndose observado en climas subtropicales que la necesidad de suplementar el riego cae en un 50%, además de aportar al flujo de nutrientes, entre otros. (Guarachi Condori, 2021)

Las características de este tipo de madera es que tienen una alta proporción de corteza; alto tenor de polifenoles solubles – de cadena más corta; son precursores de humus altamente reactivos; concentran el 70% de los nutrientes de los árboles; y tienen una relación carbono - nitrógeno entre 30:1 y 170:1, mientras que los troncos tienen una relación entre 400:1 a 750:1; además de que poseen aminoácidos libres, y alta carga de hormonas que hacen que la descomposición del material sea más rápido, y dando como resultado materia orgánica estable en el tiempo (Dos Santos Rebello, 2018).

Estos no son los únicos beneficios de hacer podas. Como se vio anteriormente, las plantas se comunican entre sí por medio de micorrizas y otros microorganismos. Al podar una planta, ésta recibe la información de que hay una amenaza, y como consecuencia, responde creciendo nuevamente con mayor vigor, mayor velocidad, mayor sanidad. Al mismo tiempo, liberan a través de los exudados de las raíces, ácido giberélico, hormonas de crecimiento, que llegan a las demás plantas – entre ellas nuestros cultivos objetivo – y las inducen a crecer. Este aumento en el crecimiento refuerza a su vez las relaciones simbióticas entre plantas, por un lado, y por el otro, entre bacterias y hongos que disponibiliza nutrientes (Götsch, 2015). Por otro lado, la poda conlleva a una entrada de luz y si está bien planificada, a la sincronización de los cultivos – que se verá más adelante.

A la hora de llevar adelante las podas, es importante siempre empezar desde los árboles más altos a los más bajos, con el fin de disminuir los daños que puedan llegar a causar

la caída de ramas grandes, que son amortiguadas por los árboles de abajo. En este mismo sentido suelen hacerse podas apicales para que los árboles alcancen una altura máxima que no entorpezca el manejo. Se podan en primer lugar las ramas enfermas, tortuosas, sobrepuestas entre sí con otras ramas, y que le dan una arquitectura a la planta desfavorable. Se puede podar drásticamente haciendo el corte en el tronco principal, o bien manteniendo la arquitectura de la planta, según el objetivo de poda, la planta en cuestión, el contexto. A través de las podas los porcentajes de sombreado se modifican y es este dinamismo el que contribuye a que el sistema se rejuvenezca y no pierda vigor. Dentro de los manejos que se hacen, se encuentran podas de estratificación y de fructificación y así como también raleos.

Las podas de estratificación tienen por objetivo evitar que las plantas entren a competir por recursos – sobre todo lumínicos – para pasar a ocupar cada una el estrato ideal al que pertenecen. Para esto, es preciso intercalar plantas de diferentes estratos, y al podarlos, es aconsejable que las copas no se toquen, e idealmente que entre copas haya una distancia en el eje vertical de uno a dos metros, para favorecer que entre mejor la luz al resto de los estratos.

Las podas de fructificación son tratamientos para facilitar la producción de flores y frutos, además de contribuir a la fitosanidad de la planta. Es importante tener en cuenta las características propias de cada especie para hacer una poda adecuada.

Los raleos tienen por objetivo eliminar plantas que ocupan el mismo estrato y sus copas se están tocando. Generalmente, se opta por las plantas que son de etapas de sucesión más avanzadas y se elimina la que es de etapas anteriores.

Tener conocimiento sobre la ecofisiología de las especies utilizadas para ubicarlas en su nicho correspondiente.

Así como es importante conocer el sistema al que pertenecen (colonización, acumulación, abundancia), si son pioneras, secundarias o climácicas (atributos que nos permiten manejar a las plantas en el tiempo), también es importante conocer sus requerimientos ecofisiológicos. En este sentido se rescata el trabajo realizado por el investigador ruso Nikolai Ivanovich Vavilov, quien estudió el origen de las plantas cultivadas, conocimiento que nos permite entender los requerimientos y el rol de las mismas en los ecosistemas. Hoy en día, la mayoría de los cultivos se trabajan de la misma forma: se planta en líneas una sola especie, donde se busca maximizar la radiación solar que reciben. Sin embargo, en su ecosistema de origen ellas cumplían un rol ecofisiológico particular, así como ocupaban un estrato específico.

A modo de profundizar el análisis en este sentido, se definen 5 estratos posibles: Emergente, alto, medio, bajo y rastreras. Sin embargo, hay ecosistemas donde se puede afinar el ojo y se encuentran más estratos. Emergente hace alusión a que son especies que sobresalen de la masa vegetal. Altos son naturalmente los que alcanzan el dosel pero que pueden estar oportunamente un poco sombreados por especies emergentes. Le sigue el estrato medio, luego el bajo (Figura 9), y las rastreras. En el momento de planificar una

agroforesta es fundamental visualizar en el corto, mediano y largo plazo, cuáles serán las especies que ocuparán cada uno de los estratos. La plantación organizada y simultánea de estas especies es la acción principal para garantizar una agroforesta lo más compleja y productiva posible (Steenbock & Vezzani, 2013).

Figura 9. Estrato bajo.



A la izquierda, plantas de ananá ubicadas bajo dosel, estrato bajo, con crecimiento vigoroso. A la derecha, ubicadas a pleno sol, cual estrato emergente, en malas condiciones fitosanitarias. Fuente: Dos Santos Rebello (2018)

La ecofisiología vegetal estudia la adaptación de los organismos a las diferentes condiciones ambientales. Con este conocimiento se pueden elegir las especies más apropiadas que se adaptarán sin problema al ambiente, así como también sirve para poder introducir plantas con funciones ecológicas necesarias en momentos precisos, como pueden ser plantas que resistan la seca en ambientes degradados, de modo de crear humedad para las plantas del futuro, o plantas que crecen en suelos pobres, entre otros.

En la práctica, se suele plantar a las especies del mismo estrato, de diferente condición sucesional, prácticamente una al lado de la otra. Se planta por ejemplo Fumo bravo (*Solanum granulatum-tuberosum*) o timbó (*Enterolobium contortisiliquum*) con Cedro misionero (*Cedrela fissilis*) o algún lapacho (*Handroanthus heptaphyllus*); con Incienso (*Holocalyx balansae*) – para la ecorregión de Selva Paranaense. En Brasil, suele usarse *Eucalyptus* en lugar de Fumo bravo, para cumplir su rol, ya que tiene una velocidad de crecimiento alta, son emergentes y tienen una buena capacidad de rebrote. Los plantan a alta densidad (Ernst está trabajando con densidades de 2220 plantas por hectárea), y los podan todos los años, en algunos casos, dos veces por año. En algunos sistemas dejan que crezca entre 5 y 7 metros, y cuando llegan a la altura deseada hacen una poda del 90% de la copa, podándolos así todos los años hasta que haya engrosado lo suficiente el fuste, momento en que lo aprovechan y lo comercializan como madera clear, de mejor calidad que plantaciones en las que no se hacen podas. La poda apical todos los años contribuye a ir “engrosando” al árbol más rápidamente, en la medida que favorece la actividad de los meristemas secundarios (Steenbock y Vezzani, 2013) en detrimento de la actividad de los meristemas primarios (Figura 10).

Figura 10. Poda apical de *Eucalyptus* sp.

La poda se realiza a una altura de 6 m aproximadamente. A la derecha puede verse la biomasa que luego se dispondrá ordenadamente en los canteros. Entre medio de los Eucaliptos, se ve un Ingá spp, estrato alto, sucesión intermedia. A la izquierda, estrato bajo, plantas de ananá. Fuente: Hudsonauna.

Conforme haya disponibilidad de luz – que se genera a través de las sucesivas podas - el cedro y el lapacho van a crecer derechos, sin problemas de forma, gracias a que las primeras funcionarán de tutor vivo. Cuando lleguen a la altura misma del eucalipto, o fumo bravo, éstos deben cortarse y dejarle lugar al lapacho o Cedro y al Incienso. Y el proceso se repite para con el Incienso, con la diferencia que el cedro y el lapacho no toleran podas del 100% de la copa, siendo mejor hacer podas del 80% de la misma. De esta manera el primer aprovechamiento se hizo sobre especies madereras de calidad media, mientras que los dos aprovechamientos que le siguen son maderas nobles, de alta calidad, tardando aproximadamente lo mismo: entre 8 y 12 años el eucalipto en función de los objetivos, a los 20 – 25 años el cedro o lapacho (lo que significa 8 a 12 años más) y a los 40 años, el incienso. Según Dos Santos Rebello (2018), se puede producir desde un 30 a un 50% más madera y de mejor calidad de esta forma, que bajo la silvicultura tradicional.

Con motivo de que entre luz y se distribuya en pos de optimizar el uso del espacio, en Brasil están considerando áreas sombreadas por especies emergentes que rondan entre un 15 a un 25% de la superficie total, por debajo de ellas, ocupar el estrato alto en un 30 – 40%, el medio en un 50 – 60%, el bajo en un 80 – 90%, mientras que el área sombreada por rastreras y por la regeneración nueva se espera que sea de un 10 – 20% (Figura 11). Si se colocan plantas del mismo estrato una al lado de la otra, se utiliza el 100% del espacio. Si se estratifica, y se suma el porcentaje ocupado por cada uno, se ve que se hace uso del 210%. Así se maximiza la fotosíntesis y aumenta la productividad, al tiempo que se mantiene al sistema dinámico y rejuvene-

cido a través de las podas. Estos porcentajes de ocupación son estimativos, y van a variar en función de los objetivos de la plantación. Por ejemplo, en sistemas donde deba prevalecer la acumulación de materia orgánica por falta de fertilidad en el suelo, se hace fuerte hincapié en estratos altos y emergentes, para generación de biomasa (Dos Santos Rebello, 2018).

Figura 11. Áreas sombreadas por especies emergentes



A la izquierda, poda de estratificación hecha por Namaste Agroforestal. A la derecha, un esquema que muestra los porcentajes de ocupación del espacio según cada estrato. Fuente: Correa Neto et al., 2016.

Por último, a la hora de diseñar, es recomendable que las plantas de una misma línea se “salteen” un estrato. Es decir, es preferible plantar especies emergentes intercaladas con especies de estrato medio, en otra línea, especies de estrato alto con bajos. Esto, y sumado a las podas de estratificación previamente explicadas, permiten un aprovechamiento más eficiente de la luz en el sistema.

Sincronizar los plantíos

Para pensar en este principio, es necesario pararse en el foco de nuestra producción, para sincronizar todas las demás especies y manejos en función de ella. Un ejemplo es el de los cítricos. Los mismos son de estrato medio, y producen fruta de muy buena calidad cuando están sombreados y protegidos de los vientos y las lluvias intensas. Sin embargo, necesitan de abundante luz para estimular una floración abundante. Sincronizar el plantío en este caso sería plantar árboles caducifolios por encima de los cítricos para que, al momento que éstos están por empezar a florecer, los árboles de estratos altos y emergentes recién estarán brotando luego del reposo invernal. Esto les da la chance de que entre la luz que necesitan para florecer, a la vez que luego del cuajado de sus frutos, estarán cada vez más protegidos por las copas que van creciendo poco a poco y otorgando cada vez más sombra. Es necesario conocer la ecofisiología de las especies en cada región que se la cultiva, para producir el efecto deseado. Hay especies caducifolias que pierden las hojas a principios del otoño, y brotan una vez entrada la primavera, y otras que pierden las hojas en principios del invierno y brotan al final del mismo. Tener estas cuestiones en cuenta es fundamental. Además, Sán-

chez Trapezes (com. personal) hace hincapié en otro efecto benéfico que se produce con especies caducifolias y cítricos en casos en los que las primeras pierden las hojas al tiempo que los cítricos terminan de madurar sus frutos, en el otoño casi invierno, según la variedad. Esto permite nuevamente el ingreso de la luz y favorece los procesos de hidrólisis de los almidones de la fruta, que se transforman en azúcares, lo que se traduce en una mejora en el sabor al momento de la cosecha.

Por otro lado, si se asocian con especies perennes, es necesario hacer podas fuertes – cortando un 80% de sus ramas en la época en que los árboles pierden las hojas. Esto tendría además el efecto de estimular el crecimiento de los cítricos, adquiriendo el sistema una dinámica muy fuerte (Milz, 1997). Bajo esta lógica, pueden pensarse innumerables consorcios que estén sincronizados entre sí. Milz (1997), luego de explicar acerca de la sincronización de los cultivos, concluye “*Debajo de una sombra vieja no desarrollan los cultivos*”, haciendo alusión a la importancia de las podas.

Entender qué es lo que hace de bueno cada organismo en el sistema

En este tipo de agricultura no se conciben a las plagas como tal. De serlo, deberíamos luchar permanentemente contra ellas, contra la naturaleza, en lugar de trabajar con ella. Ernst prefiere llamarlos “organismos que trabajan en el departamento de optimización de los procesos”. Las “plagas” nos ayudan a entender qué es lo que está pasando, cuáles son los desequilibrios, qué es lo que estamos haciendo mal. Lo que hay que entender es por qué están ahí. Hay ciertas situaciones, como estrés hídrico, lumínico o bien desequilibrios nutricionales, que hacen que las plantas no puedan terminar de sintetizar proteínas, generando aminoácidos libres en sus estructuras celulares, así como también azúcares simples en vez de complejos. Al mismo tiempo, los hongos e insectos no tienen el complejo enzimático necesario para alimentarse de una planta sana, no pueden romper los enlaces peptídicos de las proteínas, para así poder nutrirse de los aminoácidos, por lo que sencillamente prefieren alimentarse de aminoácidos libres. Y como dijimos anteriormente, éstos, los encuentran en plantas que ya sufrieron algún tipo de estrés, lo que es, generalmente, consecuencia de que una planta no está en su nicho ecológico adecuado (Chaboussou, 1999). Esto se conoce como la teoría de la trofobiosis, la misma que explica cómo la aplicación de fertilizantes, sobre todo nitrogenados, generan tal desbalance nutricional en las plantas que hacen que sean susceptibles al ataque de “plagas” por lo dicho anteriormente. Estos insectos y hongos, en el mediano plazo, están mejorando nuestros suelos: colaboran en el sistema acelerando los ciclos de la materia, incorporando al suelo aquellas plantas que no deberían desarrollarse en ese momento dado, en ese lugar.

Un ejemplo muy claro de ello son las hormigas cortadoras de hojas, de los géneros *Atta* y *Acromyrmex*. Estas hormigas al cortar las hojas se alimentan de su savia, aunque no es su principal fuente de alimento; por lo contrario, su fuente de proteínas son los hongos que cultivan en su hormiguero (Figura 12), al cual le dan de comer fragmentos de plantas. Para ello han desarrollado una de las estructuras sociales más complejas dentro de su género, y hasta se han asociado con bacterias que mantienen sus cultivos libres de otros hongos parásitos.

Ellas suelen indicarnos muy bien dónde es necesario hacer las podas, a la vez que regeneran los suelos: al llevarse las hojas a los hormigueros, al darle de comer al hongo que crían, logran transformar abundante biomasa en materia orgánica. En ambientes tropicales un solo hormiguero puede cortar 2.000 kg de hojas por año (en peso seco). Un nido de *Atta* puede desplazar hasta 30 toneladas de suelo removiendo anualmente 1.1 toneladas por hectárea. Evidentemente, los grandes movimientos de tierra indican la existencia de un alto número de cámaras subterráneas, muchas de ellas con abundante material orgánico en descomposición – su basura. En Brasil, excavando un nido de *Atta sexdens* encontraron 296 cavidades con basura orgánica a profundidades entre 1 y 6 metros. Algunas de estas cavidades tuvieron hasta 5 m de altura por 1,5 m de diámetro, con más de 500 kilos de materia orgánica, desechos vegetales y hasta “inquilinos” vivos (otras especies de insectos) (Folgarait & Farji-Brener, 2005).

En ambientes naturales los hormigueros cumplen un papel vital en la formación y modificación del suelo, mejorando sus propiedades, incorporando materia orgánica y acelerando el ciclado de nutrientes. Como consecuencia, cuando la colonia muere muchas veces los hormigueros funcionan como sitios de colonización para distintos tipos de plantas, incrementando la diversidad vegetal local y modificando el paisaje (Folgarait y Farji-Bremer, 2005). De esta manera contribuyen a saltar rápidamente de un sistema sucesional a otro, generalmente pasando de un sistema de colonización a uno de acumulación.

Figura 12. Personas trabajando en la apertura de un hormiguero, pudiéndose ver el tamaño del mismo en comparación con el tamaño de las personas



Al mismo tiempo, Folgarait y Farji-Bremer, (2005) agregan que “(...) las cortadoras de hojas funcionan “concentrando” materia orgánica, ya que traen pedacitos de plantas de hasta 100 m de distancia para depositarlos en lugares específicos de su nido. Estos sitios pueden ubicarse en cavidades subterráneas o sobre la superficie, dependiendo de la especie de hormiga. Los desechos de materia orgánica provienen principalmente de los vegetales usados para el cultivo del hongo, aunque también de los cadáveres de hormigas y las excreciones de la colonia. Como consecuencia de la acumulación de materia orgánica, en estos sitios ocurre un intenso proceso de descomposición, transformando esos “basureros” en verdaderos depósitos de hu-

mus a los cuales pueden acceder las raíces de las plantas cercanas. O sea, la acumulación de esta materia orgánica o “basura” propicia un verdadero ciclo de la materia. De hecho, en los bosques tropicales se demostró que el ciclo de nutrientes en suelos cerca de hormigueros es hasta 38 veces más rápido que en sitios cercanos sin nidos de hormigas.”

Y como vale la pena profundizar en el tema, se agrega este fragmento del texto: “De este modo, en ambientes naturales los grandes nidos funcionan generando heterogeneidad en el suelo y posibilitando que plantas diferentes al entorno se puedan instalar y reproducir, incrementando la biodiversidad. Por ejemplo, en las pasturas del Chaco y en las sabanas sudamericanas, las plantas leñosas se desarrollan mayoritariamente sobre nidos de *Atta*, estimulando la formación de verdaderas “islas” de arbustos y árboles en un “mar” de pastos. De esta forma, algo pequeño como un hormiguero que abarca sólo unos metros cuadrados puede modificar paisajes de cientos de kilómetros. Este enriquecimiento del suelo ocasionado por las hormigas cortadoras es especialmente importante en los ambientes con suelos pobres. Pese a que por un lado sacan hojas, por el otro favorecen el ciclado de nutrientes, el cual, indirectamente, favorece al crecimiento de la vegetación. Dicho de otra forma, las hormigas cortadoras ayudan a mantener un equilibrio energético en los sistemas naturales donde habitan. Por último, varios estudios han demostrado que los suelos cercanos a los hormigueros son más ricos en nutrientes que suelos lejanos a los nidos, tanto en las selvas y sabanas tropicales como en las estepas del Noroeste de la Patagonia. Este suelo más rico puede ser aprovechado por las plantas que se encuentran alrededor de los nidos, ya sea mientras la colonia esté activa o cuando el nido es abandonado y/o muere.”

Haciendo un repaso se ve que las hormigas cumplen con muchos de los principios que la agricultura sintrópica persigue. Por un lado, realizan podas de árboles, permitiendo que entre luz para otras plantas ubicadas debajo de ella, eliminan los más débiles o con desbalances nutricionales (deshierbe selectivo) y concentran la energía en un lugar determinado: el hormiguero. Además, muchas de ellas mantienen el suelo cubierto y dinamizan los procesos para dar lugar a la sucesión natural. Seguramente cuando abandonen el hormiguero, habrán dejado el sitio preparado para que germinen gran cantidad de semillas que maximizarán la fotosíntesis.

A pesar de todo esto, las hormigas son consideradas un gran problema, “una plaga” tanto para la agricultura como para la forestería, ya que son capaces de eliminar árboles enteros por defoliaciones repetidas. Sin embargo, según Folgarait y Farji-Bremer (2005) esto no sucede así en ambientes naturales. Es común que cortadores, abandonen un árbol del cual se están alimentando antes de que este sea completamente defoliado, o que se alimenten de plantas lejanas al nido pese a existir otras similares más cerca. La ventaja de este patrón de comportamiento es que estas colonias pueden vivir hasta 20 años sin mudarse, por lo que no sería conveniente para ellas consumir los árboles más apetecibles hasta su muerte, ya que el radio en el cual deberían moverse para encontrar su alimento sería cada vez más grande. Por otro lado, no todas las hojas son igualmente apetecibles para las hormigas: siempre van a preferir los brotes nuevos, más aún si en estos no hay síntesis completa de sus proteínas y almidones. Por

tanto, la calidad de los recursos dentro de una misma planta puede variar tanto en el espacio (diferentes ramas), como en el tiempo (solo en alguna época del año). Así mismo sucede en los ambientes en los que viven: la defoliación está separada en el tiempo y en el espacio entre diferentes especies. Y acá hay un aspecto clave: el gran problema que supone el ataque de hormigas en los cultivos convencionales se da justamente porque ha sido reemplazado un ambiente diverso – con oferta alimenticia diversa en tiempo y espacio – por un monocultivo que supone un único recurso para la alimentación de las hormigas (Folgarait y Farji-Bremer, 2005).

Su comportamiento entonces se altera al modificarse su medioambiente, así como también tienden a aumentar las densidades poblacionales. Tal es el ejemplo de *Acromyrmex landolti*, cuya densidad poblacional en sistemas naturales tiende a ser entre 20-500 nidos/hectárea, en función de la capacidad de generar alimento del ambiente, mientras que los mismos ambientes transformados a pasturas, suelen tener una densidad de 6.000 nidos/hectárea, como respuesta a las modificaciones que el hombre realiza. (Folgarait y Farji-Bremer, 2005).

Y entonces... ¿Qué se puede hacer ante esta realidad? Plantar en alta densidad, dejar solo las plantas de mayor vigor y raleo o podar las plantas que hayan sido atacadas, dinamizando un proceso que ya iniciaron estos organismos, aportando a cubrir el suelo en menor tiempo del que lo harían ellos, induciendo a las plantas a rebrotar y rejuvenecer, a la vez que se aporta materia orgánica para mejorar el suelo, para que las especies que no pudieron desarrollarse en ese momento, puedan hacerlo en un futuro.

Conclusiones

Como se pudo ver, muchos de los ejemplos son de establecimientos productivos en Brasil, cuna de la agroforestería sintrópica, donde no sólo se están llevando adelante ensayos, investigaciones científicas, y mucha práctica, sino que también tienen un gran significado a nivel social, un hito, un antes y un después. En palabras de un agricultor del Movimiento Sin Tierras de Brasil, propietario de 12 ha, decía: *“Antes luchaba por la reforma agraria. Hoy con una hectárea me alcanza y me sobra. La agroforestería es otra forma de hacer la reforma agraria”*. *Son muchas las cooperativas, las escuelas de agroforestas, las comunidades indígenas, así como también las universidades que se están involucrando en este mundo. Los jóvenes, quienes en general migran a las ciudades, están enraizando un sentido de pertenencia muy fuerte para con el lugar en el que viven y un orgullo muy grande de ser parte de una comunidad agroforestera. Esto es esperanzador, y constituye una salida a los conflictos socio – ambientales que se dan en todo el mundo”*.

Por este mismo motivo, hoy en día se están tomando los conceptos básicos y principios de agroforestería y se están practicando en cada uno de los continentes – excepto en la Antártida. También se están rediseñando sistemas viejos de producción de frutales para reconvertirlos en agroforestas, y se viene avanzando muy rápidamente. En Argentina existen varios sistemas en curso, principalmente en Misiones, pero también en la región pampeana, en Yungas y Chaco (aunque puede que haya en más provincias/regiones que no tenga registrado).

Es necesario seguir estudiando y contribuyendo a generar conocimiento en este sentido, ya que los modelos de producción vigentes no son sustentables socialmente y ecológicamente, lo que a la larga se traducirá en que no lo sean económicamente. La economía no puede desprenderse ni de la gente, ni de la naturaleza. Por el contrario, es la naturaleza la que pone las pautas, y las personas las que mueven la economía en función de lo que ella tenga para ofrecernos. Actualmente, la mayor parte de las tierras agrícolas son fuentes potenciales de carbono. Es decir, el suelo está liberando más carbono que el capturado. Una aproximación más biológica a la producción de cultivos – y al pastoreo minuciosamente planificado de potreros y praderas – haría posible que las tierras agrícolas se convirtieran en sumideros de carbono. Si todas las tierras de cultivo fueran sumideros en vez de fuentes de CO₂, los niveles atmosféricos de CO₂ disminuirían al mismo tiempo que mejoraría la productividad agrícola y la retención de agua dentro del agroecosistema. Esto resolvería la mayoría de los problemas en la producción de alimentos, en el ambiente y de la salud humana (Jones, 2008). Para ello, es necesario un cambio de paradigma, que ya se está dando, pero que todavía está al margen del sistema agroindustrial dominante.

Para cerrar el capítulo, quiero agradecer enormemente a la Unidad de Vivero Forestal, lugar en el que un grupo de estudiantes llevamos adelante un pequeño sitio piloto de agroforestería sintrópica, donde aprendemos practicando, e invitamos a las y los lectores a acercarse, para potenciarnos, para abrir puertas, para ser protagonistas en el cambio que queremos para el mundo.

Referencias

- Arias Nery, L. A. (2017). Principios de sistemas agroforestales. En Arias Nery, L. A. (Comp), Producción en sistemas agroforestales (PRO – SAF) y Sistemas agroforestales simultáneos (SAS). (15 – 92) Centro de Educación Técnica, Humanística y Agropecuaria, La Paz.
- Bene, J.G., Beall, H. W. & A. Côté. (1977). Trees, food and people: land management in the tropics. Recuperado de: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/930>.
- Chaboussou, F. (1999). Plantas Doentes Pelo Uso de Agrotóxicos (A Teoría da Trofobiose). Brasil: Ed. L y PM.
- Corrêa Neto, N.E., Messerschmidt, N.M., Steenbock, W. & P.F Monnerat. (2016). Agroflorestando o mundo de facao a trator. Gerando práxis agroflorestal em rede (que já une mais de mil famílias camponesas e assentadas). Brasil. Cooperafloresta. Barra do Turvo.
- Dos Santos Rebello, J.F. (2018). Principios da agricultura Sintrópica segundo Ernst Götsch. Recuperado de <http://www.ecoagri.com.br/web/wp-content/uploads/Princi%CC%81pios-de-Agricultura-Sintro%CC%81pica.pdf>.
- Departamento de Desarrollo Sostenible, FAO. (2001). Terra Preta - ¿manejo orgánico de los suelos? Brasil, Agricultura orgánica y recursos abióticos. Recuperado de <http://www.fao.org/3/Y4137S/y4137s05.htm>.

- Farji-Brener, A.G. & P.J. Folgarait. (2005). Un mundo de hormigas. Buenos Aires Ed. Siglo veintiuno editores Argentina S. A.
- Gietzen, R. (2016). Abundancia Agroforestal. Un manual de agricultura sintrópica. Michigan. Recuperado de: https://assets.echocommunity.org/publication_issue/ae1d762e-d561-4a7e-80b3-de9ddeaa6259/es/abundancia-agroforestal-manual-de-agricultura-sintropica.pdf
- González, M. O. & M.F. Aguilera. (2003). Capítulo V: Uso de modelos agrosilvícolas. Recuperado de: <https://agroforesteria.infor.cl/>.
- Götsch, E. (1992). Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery, Pirai do Norte, Fazenda Três Colinas, 19 p. (no publicado).
- Götsch, E. (2015). La vida en Syntropy. Material audiovisual Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=gSPNRu4ZPvE>.
- Götsch, E. (2018) Fragmento de un video recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=kYKf8f_KByI
- Guarachi Condori, M.A. (2021). Regeneración de suelos mediante el uso de madera rameal fragmentada. Recuperado de <https://agrecolpraktikum.wordpress.com/regeneracion-de-suelos-mediante-el-uso-de-madera-rameal-fragmentada/>.
- Jones, C. (2008). La vía del carbono líquido. Recuperado de [http://www.amazingcarbon.com/PDF/La%20v%C3%ADa%20de%20carbono%20l%C3%ADquido%20\(2008\).pdf](http://www.amazingcarbon.com/PDF/La%20v%C3%ADa%20de%20carbono%20l%C3%ADquido%20(2008).pdf)
- Jones, C. (2011). El carbono que cuenta. Recuperado de [https://www.amazingcarbon.com/PDF/El%20carbono%20que%20cuenta%20\(2011\).pdf](https://www.amazingcarbon.com/PDF/El%20carbono%20que%20cuenta%20(2011).pdf).
- Jones, C. (2014). Nitrógeno: la espada de doble filo. Recuperado de [https://www.amazingcarbon.com/PDF/Nitr%C3%B3geno_%20La%20espada%20de%20doble%20filo%20\(2014\).pdf](https://www.amazingcarbon.com/PDF/Nitr%C3%B3geno_%20La%20espada%20de%20doble%20filo%20(2014).pdf).
- Lehmann, J. (2008). Terra Preta de Índio. Cornell University. Recuperado de https://web.archive.org/web/20080423103456/http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/terra_preta/TerraPretahome.htm.
- Ley Nacional N° 26,331. (2007). Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm>.
- Miller, R.P. y P.K.R. Nair. (2006) Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. Agrofor. Syst., 66 pp. 151-164.
- Milz, J. (1997). Guía para el Establecimiento de Sistemas Agroforestales. La Paz. Ed. DED.
- Petit, J. (S. F.) Historia de la agroforestería. Recuperado de http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/jcpetita/materias/agroforesteria/tema1_agf.pdf.
- Pries Devide, A. C. (2012). Terra preta de índio (TPI). Anthropogenic dark earth. Recuperado de: https://orgprints.org/24811/1/ANTROPOGENIK_DARK_EARTH.pdf.
- Steenbock, W. & F.M. Vezzani. 2013. Agrofloresta. Aprendendo a producir com a natureza. Brasil. Curitiba.

CAPÍTULO 4

Cortinas forestales

Diego Ramilo

Introducción

Al igual que en otras partes del mundo, en el paisaje rural de diferentes regiones de Argentina es habitual hallar plantaciones de árboles en alineación en establecimientos agropecuarios, ya sea en los perímetros de lotes en producción o alrededor del área de viviendas, galpones y otra infraestructura asociada.

En muchas regiones el viento puede constituir una adversidad que afecta las producciones agropecuarias como también la confortabilidad térmica de la vida del hombre en el campo, especialmente en aquellas de climas templados o fríos. En algunas zonas los vientos son una limitante para poder realizar actividades productivas; ejemplos de ello son los oasis de riego de Cuyo y Patagonia, al igual que diversas áreas de secano en la Patagonia Andina, por citar algunos ejemplos.

Es a través de forestaciones de servicio, específicamente de **cortinas forestales cortavientos** o **cortinas rompevientos** (ingl. *windbreaks* o *shelterbelts*), que el hombre ha logrado en cierto modo morigerar los efectos perniciosos del viento, reduciendo su velocidad y brindando protección a cultivos, ganados e infraestructura, y para su propia confortabilidad de vida en la naturaleza.

La acción del viento en las producciones agropecuarias

El viento puede tener efectos perjudiciales para las producciones agropecuarias, pudiendo ser estos directos o indirectos. Los efectos directos son aquellos que se producen por la acción mecánica del viento. Los efectos indirectos son ocasionados por este en la fisiología de plantas y animales y en su normal comportamiento.

Uno de los efectos negativos es la **erosión**, que sucede cuando se combinan fuertes vientos con suelos de texturas gruesas, condiciones de sequedad o climas secos y suelos libres de cobertura vegetal, ya sea porque fueron cosechados sin dejar residuos de cobertura, se encuentran laboreados o han sido sobrepastoreados (Figura 1). Bajo tales condiciones, aumenta el riesgo de inicio de procesos erosivos, con deflación y transporte de partículas de suelo superficial y la consecuente pérdida de fertilidad y capacidad productiva. Este transporte de partí-

culas y el impacto de éstas en los vegetales puede también causar daño mecánico a los cultivos especialmente en sus fases iniciales de crecimiento, como también ocasionar perjuicios al acumularse y sepultar parcial o totalmente las plantas.

Figura 1. Efecto erosivo del viento en el suelo.



Izq. Voladuras en suelos laboreados con condiciones inadecuadas de humedad. Der. Suelo desnudo luego de cosecha que no deja residuos que brinden adecuada cobertura.

Con su acción mecánica directa el viento puede afectar a diversos cultivos: cereales, industriales, forrajes, frutales, hortícolas o florales por mencionar algunos, al rasgar o dañar el follaje, o a la floración en sus diferentes fases y con ello los rendimientos cuando el producto de interés son frutos o semillas (Cleugh et al., 1998). Es frecuente también que se vea afectada la calidad de los productos debido a los golpes y fricción provocada por el viento, lo que genera el marcado en los frutos como también su caída prematura (Figura 2 Der.). De igual forma, pueden registrarse vuelcos de plantas enteras en cultivos de talla alta ante la acción de vientos fuertes obrando de forma aislada o combinados con lluvias (Figura 2 Izq.).

Figura 2. Efectos mecánicos directos del viento sobre cultivos.



(Izq.) Vuelco en maíz. (Der.) Caída de frutos en cítricos. Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAYF – UNLP.

Junto con el contenido de humedad, las características del suelo, la radiación solar, la temperatura y humedad del aire, el viento es un factor que influye en la evapotranspiración de los cultivos (Defina, 1985). Al aumentar la evapotranspiración provoca la desecación y estrés en las plantas, afectando su normal crecimiento y repercutiendo en los rendimientos. El hombre puede intervenir modificando el contenido de humedad del suelo mediante la práctica agronómica de riego; en la velocidad del viento, puede hacerlo a través del establecimiento de barreras cortavientos.

Para muchos cultivos la polinización mediada por insectos o aves es crucial en la fecundación y formación de frutos (Mc Gregor, 1976; Buchmann y Nabhan, 1996; Carreck et al., 1997; Monelos y Peri, 1998; Cecen et al., 2008; Bentrup et al., 2019). La velocidad del viento ejerce su influencia en los polinizadores dificultando el vuelo. Por ejemplo, las abejas cesan la colecta de polen y por lo tanto su actividad polinizadora cuando la velocidad del viento supera 20 km/h y con velocidades de 25 – 30 km/h dejan de volar en altura (Shoukat y Muhahid, 2020).

El clima afecta al ganado de forma directa e indirecta, modificando la calidad y cantidad de forrajes, los requerimientos energéticos de los animales y sus mecanismos fisiológicos y el comportamiento de estos para mantener su temperatura corporal dentro de rangos normales (Arias et al., 2008). En verano, el viento ayuda a reducir los efectos del estrés por calor, mejorando los procesos de disipación de calor por evaporación (Madler et al., 1999), siendo estos más eficientes cuando la piel del animal está húmeda.

Durante el invierno, el viento potencia el efecto negativo de las bajas temperaturas y la temperatura equivalente o sensación térmica resultante puede provocar estrés en el ganado. El estrés por frío causa un aumento significativo en el consumo de alimento por los mayores requerimientos energéticos del animal para mantener su temperatura corporal; son asimismo menos eficientes en convertir el alimento en energía, disminuyendo su eficiencia productiva (Quam et al., 1994; Morris et al., 1996; Smith, 2016) y dicho estrés puede ocasionar morbilidad y mortalidad de crías en condiciones severas (Gregory, 1995).

En climas fríos, las características del pelaje mullido de los animales en invierno y el aire entre las fibras actúa como una barrera aislante; no obstante, cuando el animal se moja o cuando el viento sopla fuerte, esta capacidad aislante se pierde. En estas condiciones, los animales buscan refugio en elementos naturales (quebradas, arbustos o árboles aislados, montes) y artificiales (infraestructura, cercos, carteles, entre otros) que puedan brindarles protección, o bien se agrupan entre sí para disminuir la pérdida de calor.

La Tabla 1 muestra la temperatura equivalente o sensación térmica para diferentes temperaturas del aire ante vientos de velocidad creciente y refleja la incidencia que puede tener el viento en las condiciones térmicas a las que debe enfrentarse el ganado en pastoreo en zonas frías y ventosas. Como el enfriamiento al que pueden estar expuestos los animales depende de la temperatura, de la velocidad del viento, de la capacidad aislante del pelaje y de si este está mojado o no, al reducir la velocidad del viento las barreras cortavientos interactúan con uno de los elementos que puede causar pérdidas excesivas de calor en el ganado.

Tabla 1. Temperatura equivalente o sensación térmica para diferentes temperaturas del aire con vientos de velocidad creciente.

		Temperatura del aire							
		10 °C	5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C
		Temperatura equivalente / sensación térmica							
Velocidad del viento	10 km/h	8,6	2,7	-3,3	-9,3	-15,3	-21,1	-27,2	-33,2
	15 km/h	7,9	1,7	-4,4	-10,6	-16,7	-22,9	-29,1	-35,2
	20 km/h	7,4	1,1	-5,2	-11,6	-17,9	-24,2	-30,5	-36,8
	25 km/h	6,9	0,5	-5,9	-12,3	-18,8	-25,2	-31,6	-38,0
	30 km/h	6,6	0,1	-6,5	-13,0	-19,5	-26,0	-32,6	-39,1
	35 km/h	6,3	-0,4	-7,0	-13,6	-20,2	-26,8	-33,4	-40,0
	40 km/h	6,0	-0,7	-7,4	-14,1	-20,8	-27,4	-34,1	-40,8
	45 km/h	5,7	-1,0	-7,8	-14,5	-21,3	-28,0	-34,8	-41,5
	50 km/h	5,5	-1,3	-8,1	-15,0	-21,8	-28,6	-35,4	-42,2
	55 km/h	5,3	-1,6	-8,5	-15,3	-22,2	-29,1	-36,0	-42,8
60 km/h	5,1	-1,8	-8,8	-15,7	-22,6	-29,5	-36,5	-43,4	

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

En *feedlots* el viento también puede ejercer efectos negativos durante el invierno, no obstante, la presencia de barreras o cortinas permanentes es capaz de intensificar el estrés por calor en el verano, al restringir la circulación de aire requerida para el enfriamiento de los animales por evaporación (Mader et al., 1997; 1999). En estas situaciones, las barreras temporarias o móviles son soluciones más adecuadas para mejorar el confort animal en la época invernal.

En las regiones de climas fríos y en el invierno en las de climas templados, el viento es la variable de mayor influencia en el confort humano de la vida en el medio rural. El establecimiento de barreras cortavientos o cortinas puede alterar el balance energético en las edificaciones de modo considerable (Heisler y Herrington, 1976), al modificar el flujo del aire, el intercambio de calor y la temperatura del aire en su entorno. Su presencia ha traído como beneficio reducciones significativas en el consumo de energía para calefacción (Bates, 1945; Bentrup y Francis, 2001; NRCS, 2006; Liu y Harris, 2008), lo que significa un ahorro económico, ya sea que la fuente empleada se leña, combustibles fósiles o electricidad.

El Cuadro 1 sintetiza los principales efectos que el viento provoca en las producciones y en el medio rural.

Cuadro 1. Efectos del viento en las producciones agropecuarias y en el confort humano en el medio rural.

 <p>SUELO</p>	<p>Erosión y barrido de suelo superficial (deflación) en condiciones de clima seco y suelos de texturas gruesas, afectando el contenido de materia orgánica y la fertilidad.</p> <p>Daño indirecto por la acción abrasiva de partículas de suelo en cultivos en las fases iniciales de establecimiento, por voladura bajo la acción del viento.</p>
 <p>CULTIVOS</p>	<p>Aumento en la evapotranspiración provocando desecación y estrés, afectando el crecimiento y rendimiento de cultivos.</p> <p>Daños mecánicos directos en follaje y vuelco de plantas en cultivos; daño a flores y frutos, con la merma cuantitativa de rinde o afectando la calidad de lo producido.</p> <p>Mengua en la presencia y actividad de insectos polinizadores, afectando la floración, formación de frutos y semillas.</p>
 <p>GANADOS</p>	<p>Afectación de la salud y sobrevida de crías en diferentes tipos de ganado al potenciar el efecto de las bajas temperaturas.</p> <p>Pérdida de temperatura corporal en ganados, que en situaciones de bajas temperaturas provoca un detrimento de la condición corporal ó disminución en la ganancia de peso por unidad de alimento consumida.</p>
 <p>CONFORT HUMANO</p>	<p>Pérdida de calor en viviendas rurales e infraestructuras vinculadas a la producción.</p> <p>Mayor gasto energético para alcanzar confortabilidad térmica.</p> <p>Ruido persistente en regiones de vientos constantes y fuertes</p>

Fuente: elaboración propia.

Barreras cortavientos

Un **cortavientos** o **cortina rompeviento** es una barrera que reduce la velocidad del viento y genera una *zona de calma* o protección a sus espaldas o sotavento, es decir, del lado opuesto al que incide el viento.

Su aplicación es diversa: en el ámbito rural se utilizan para la protección de los efectos nocivos del viento sobre cultivos, huertos frutales, pasturas y áreas de pastoreo, cultivos florales, feedlots, mangas, corrales e infraestructura de producción (salas de ordeño, galpones, silos, etc.), viveros y para brindar abrigo a las viviendas y construcciones asociadas. Son también utilizadas en la industria con el fin de reducir la deriva de polvo que algunas de ellas generan, además de amortiguar los ruidos y brindar una barrera visual para enmascarar infraestructura y mejorar el paisaje desde el punto de vista estético.

Las barreras cortavientos pueden ser **artificiales** o **naturales**. Entre las primeras se encuentran las mallas sintéticas de diferentes características, elaboradas en polietileno de alta densidad o poli-propileno, y con diferente graduación respecto a la cantidad de aire que dejan atravesar (Figuras 3 y 4). Ejemplos de este tipo son las mallas mediasombra y mallas plásticas diseñadas específicamente para reducir el viento denominadas *mallas cortavientos* (ingl. *windbreak mesh*).

Figura 3. Mallas cortavientos sintéticas para protección de infraestructura industrial en minería.



Fuente: Mining Technology Journal (www.mining-technology.com)

Figura 4. Mallas cortavientos sintéticas para protección de cultivos intensivos.



(Izq.) Producción de orégano en El Maitén, Chubut. (Der.) vivero forestal en Gdor. Virasoro, Corrientes. Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP.

También se elaboran cortavientos artificiales a partir de materiales naturales entre los que se destacan los cercos de cañas, muy utilizados en huertas familiares y en algunos cultivos intensivos por su bajo costo relativo y facilidad de construcción (Figura 5).

Figura 5. Barreras cortavientos elaboradas con materiales naturales.



(Izq.) Cortaviento de cañas en cultivos de frutilla. Veinticinco de mayo, Buenos Aires. (Der.) Cortavientos y cercos de caña y mimbre protegiendo huertas familiares. Chile.

Las cortinas como sistemas agroforestales

En el medio rural, las cortinas forestales están integradas al sistema productivo, por lo que forman parte de **sistemas agroforestales**. Cabe esta aclaración de “en el medio rural”, pues están también presentes en zonas periurbanas, asociadas frecuentemente a áreas industriales (parques industriales, precintos industriales y fábricas de forma aislada), conformando barreras para disminuir la velocidad del viento, para enmascarar infraestructura industrial por cuestiones de estética visual y/o cumpliendo funciones de mitigación de ruidos. Al respecto, existe legislación provincial que exige la instalación de barreras forestales al momento de radicar nuevas industrias (Ley N° 14.440 modificatoria de la Ley N° 11.459 de Radicación industrial de la provincia de Buenos Aires y Resol. OPDS-PBA 85/2011).

Desde el punto de vista de su clasificación por su estructura en el espacio y diseño en el tiempo (ver clasificación de SAF en el capítulo 2), las cortinas son **sistemas agroforestales simultáneos** pues coexisten en el tiempo y espacio con la producción a la que están brindándole protección.

En cuanto a la clasificación por sus componentes, en producciones donde la cortina está protegiendo un cultivo perenne cuya persistencia se prolonga en el tiempo durante la vida útil de la cortina, estamos en presencia de un **sistema silvoagrícola**. Podemos citar como ejemplo producciones frutales de pepita y carozo, en las que la cortina y el monte frutal coexisten durante toda la vida del primero y junto con el recambio del monte frutal es frecuente que se elimine también la cortina para renovarla a la vez que se comercializa su madera. En el caso de cortinas protegiendo pasturas, podría entonces clasificarse como un **sistema silvopastoril** si el lote en cuestión es destinado de forma permanente a pasturas de corte y pastoreo, y como un **agrosilvopastoril** cuando alterne en el tiempo pasturas con otro tipo de cultivos anuales o plurianuales. Un ejemplo de ello sería una plantación de álamo en Cuyo, que durante los primeros años coexiste con horticultura en los espacios interfilares y posteriormente dicho cultivo es reemplazado por pasturas perennes.

El funcionamiento de una cortina forestal cortavientos

Interpuestas de forma aproximadamente perpendicular a la dirección del viento, las barreras actúan como un obstáculo al desplazamiento del aire. Quedan definidas 2 zonas: una de *barlovento* o anterior a la cortina y una de *sotavento* detrás de la barrera, que es la *zona protegida o de calma* (Figura 6).

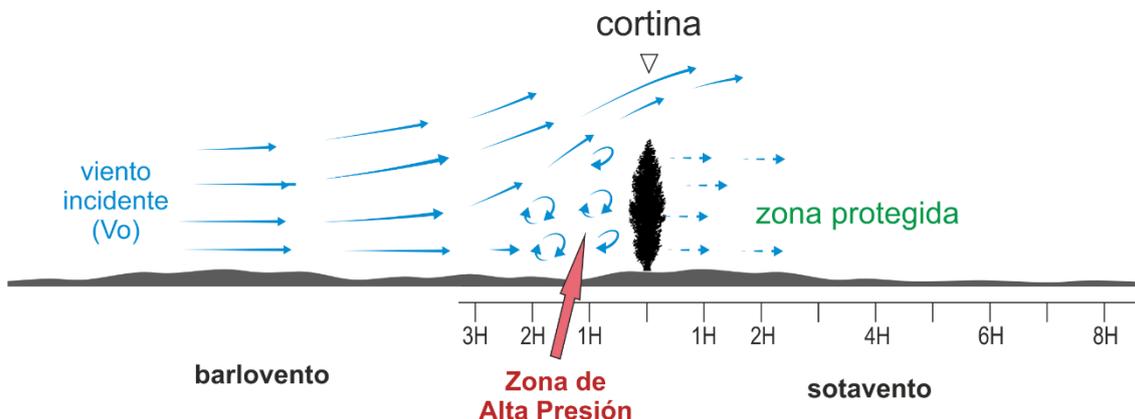
Figura 6. Esquema de perfil de una cortina y sus zonas de barlovento y sotavento.



Fuente: elaboración propia

Al encontrarse con el obstáculo que la cortina constituye al normal flujo del viento, la velocidad de este disminuye en relación a la que traía a campo abierto (V_0). En el sector inmediatamente anterior a la barrera (barlovento) ocurre una ‘acumulación’ de aire que provoca un aumento de la presión (**zona de alta presión**). Este fenómeno fuerza a que parte del viento ascienda y fluya por encima de la cortina (Figura 7), mientras que una fracción la atraviesa. Queda de este modo determinada la **zona protegida o zona de calma a sotavento** en la que la velocidad del viento es sensiblemente menor a la que tenía a campo abierto antes de incidir en la cortina.

Figura 7. Esquema de perfil de una cortina.



Formación de zona de alta presión inmediatamente antes de la cortina provoca el ascenso y flujo del aire por encima de esta. Fuente: elaboración propia

El comportamiento del aire que fluye a través de la cortina y por encima de ésta, el porcentaje de reducción en la velocidad del viento y la extensión de la zona protegida están influenciados principalmente por 2 parámetros: la **altura de la cortina** y su **porosidad** (o bien su densidad, que es la inversa de la porosidad).

La **altura de una cortina (H)** está determinada por la/s especie/s empleada/s, la calidad de sitio en que está creciendo y su edad. En cortinas de más de una especie, estará definida por la altura promedio de la especie más alta. La extensión del área protegida, ya sea a barlovento o a sotavento, se expresa como múltiplos de la altura de la cortina (n veces H) y la influencia que la cortina tiene en la velocidad del viento se extiende hasta 30 veces la altura a sotavento ($30H$) y hasta 5 veces la altura a barlovento ($5H$) (van Eimern et al., 1964; Vigiak et al., 2003; Brandle et al., 2004).

La **porosidad de la cortina** es el parámetro de mayor influencia en la intensidad de la turbulencia del viento, en la distribución de su velocidad y, por consiguiente, en la extensión del área a sotavento en la que la cortina ejerce su efecto protector. Conocida formalmente como **porosidad aerodinámica**, determina la proporción entre la cantidad de aire que fluye a través de la cortina (a través de los poros o huecos) y la cantidad que lo hace por encima de ella (Loeffler y colab, 1992). Su medición es extremadamente compleja debido a la heterogeneidad en las características tridimensionales de las copas de las especies empleadas y de los árboles en forma individual (de los fustes, la arquitectura de ramas y las singularidades de su follaje), a lo que se suma la cantidad variable de filas que pueden componer la cortina. En su reemplazo y como estimador de la porosidad de la cortina se utiliza la **porosidad óptica** que es la proporción de huecos en la cortina respecto a la superficie total de la barrera (Cleugh, 1998; Guan et al., 2003).

La reducción relativa de la velocidad del viento y la distancia efectiva de protección están correlacionadas con la porosidad óptica y su utilización como variable predictora permite pasar de la complejidad de un sistema tridimensional a uno de dos dimensiones. En la práctica, la porosidad óptica se calcula como la proporción entre la superficie de la cortina a través de la cual puede verse el cielo respecto a la superficie total (Sudmeyer y Scott, 2002). Esto puede realizarse a través del uso de grillas o cuadrículas sobre una fotografía tomada de forma perpendicular a la cortina o bien con el auxilio de análisis asistido por computadora de fotografías digitales (Wan et al., 2005; Stredova et al., 2012).

De acuerdo a su **porosidad**, las cortinas se clasifican en **densas, semipermeables y permeables** (Tabla 2). Presentan diferente funcionamiento aerodinámico y, en consecuencia, difieren en su efecto en la reducción de la velocidad del viento, la extensión del área protegida y la distancia a la cortina a la cual la reducción de la velocidad presenta su máximo valor.

Tabla 2. Clasificación de cortinas cortavientos por porosidad.

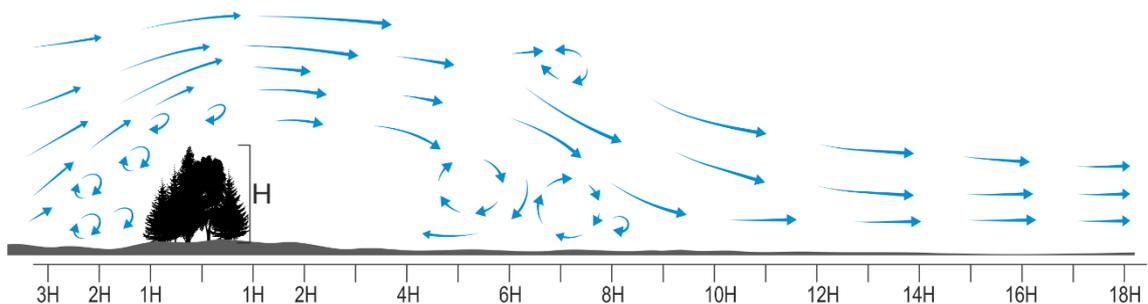
Tipo de cortina	Rango Porosidad	Extensión del área protegida (veces H)	Zona de máxima protección (veces H)	% de reducción en zona de máxima protección	Aplicaciones
Densa	< 15 %	10	3 - 4H	80-90%	proteccion de infraestructura y cultivos muy sencibles al viento
Semipermeable	30 - 45%	15-18	5-10H	60-75%	frutales, pasturas y cultivos en general
Permeable	50 - 60%	20-25	5H	< 40%	proteccion en cultivos poco sensibles al viento

Fuente: elaboración propia a partir de Read (1964), Peri (1996), Vigiak y colab. (2003) y Davel y colab. (2020).

En las **cortinas densas** o **poco permeables** (permeabilidad < 15%), solo una pequeña fracción del viento que incide logra atravesarla. La mayor parte asciende y fluye por encima de esta, generando turbulencias en la zona posterior a la cortina que promueven un descenso más rápido y brusco de la corriente de aire, reduciendo la extensión del área protegida (Figura 8). Este tipo de cortinas brinda alta protección a distancias relativamente cortas, es decir, logran

una alta reducción de la velocidad del viento en una zona de hasta 10 veces la altura de la cortina (10H), registrando un máximo de reducción a 3 - 4 veces la altura (3 – 4H) (Vigiak et al., 2003). En síntesis, las cortinas densas son muy útiles cuando el objetivo perseguido es brindar mucha protección en distancias muy cortas y generalmente se las emplea para la protección de infraestructuras, producciones intensivas y como barreras en el área de viviendas.

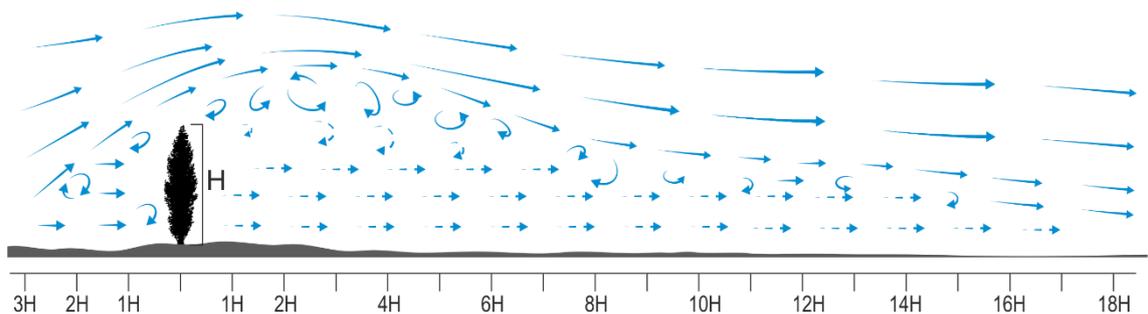
Figura 8. Esquema del flujo del viento en una cortina densa o poco porosa (porosidad < 15 %)



Fuente: elaboración propia.

En las **cortinas semipermeables** (Figura 9) parte del viento incidente atraviesa la cortina y fluye por la zona de barlovento a una velocidad reducida (V_1). De manera simultánea, una parte del viento pasa por encima de ella a la misma velocidad que traía a campo abierto (V_0). En esta condición, el viento que atravesó la cortina por un lado favorece una menor turbulencia del aire a la vez que provoca que el viento que pasó por encima de ella descienda a una distancia más alejada de su emplazamiento, ampliando la longitud de la zona protegida.

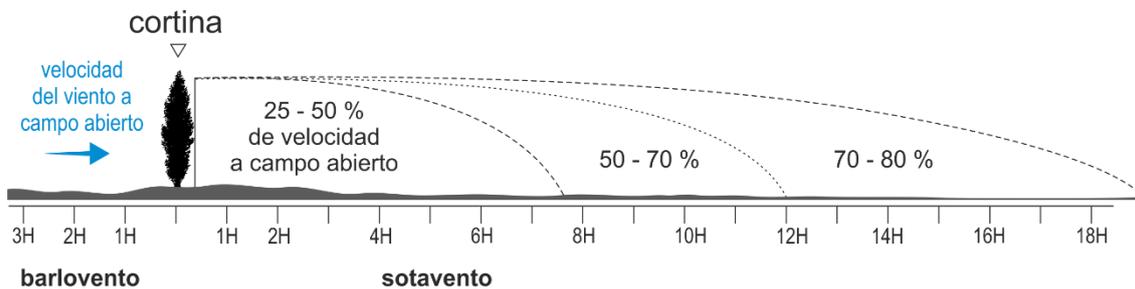
Figura 9. Esquema del flujo del viento en una cortina semipermeable (porosidad 25 – 50%).



Parte del viento atraviesa la cortina y promueve que el viento que pasa por encima de esta descienda y recobre su velocidad a campo abierto a una distancia mayor, ampliando la longitud de la zona protegida a sotavento. Fuente: elaboración propia.

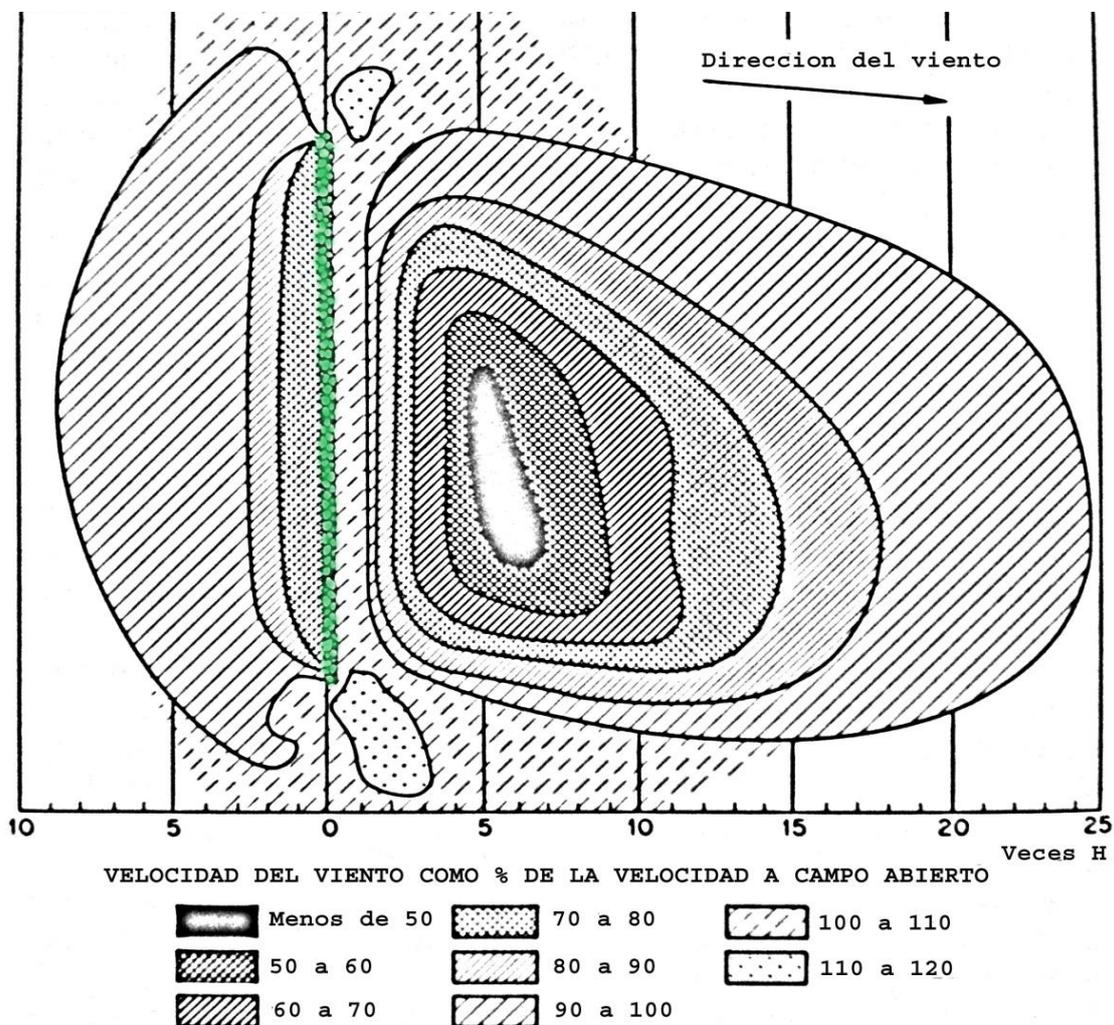
En cortinas de este tipo, la zona protegida se extiende hasta 20 veces la altura de la cortina (20H) y la mayor reducción de velocidad se registra a una distancia entre 5 a 10 veces la altura de esta (5 – 10H). A medida que nos alejamos de la cortina hacia sotavento, la velocidad del viento va aumentando hasta recobrar aquella que tenía a campo abierto antes de incidir en la barrera (Figuras 10 y 11).

Figura 10. Esquema de reducción de velocidad del viento a diferentes distancias de una cortina semipermeable (porosidad 40-50 %).



La velocidad en las diferentes zonas está expresada como porcentaje de la velocidad del viento a campo abierto antes de atravesar la cortina ($100 \cdot V1/V0$). Fuente: elaboración propia a partir de Read (1964)

Figura 11. Esquema de vista en planta de la reducción de velocidad del viento a diferentes distancias de una cortina semipermeable (porosidad 50 %)

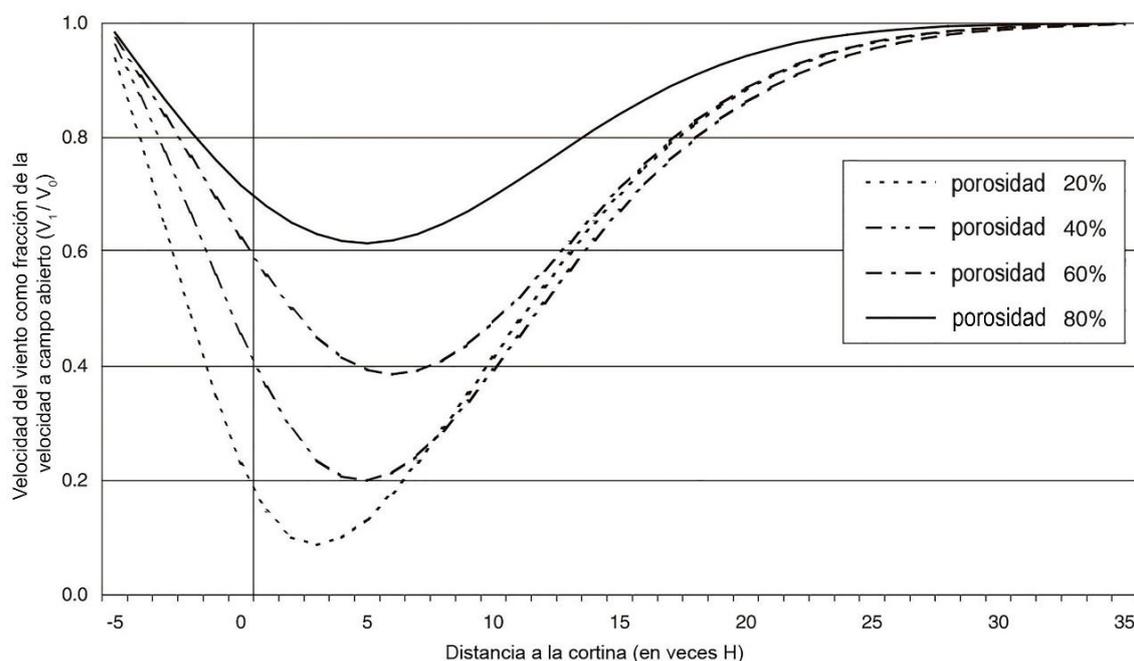


La velocidad en las diferentes zonas está expresada como porcentaje de la velocidad del viento a campo abierto. Modificado de Goor y Barney (1976)

Este tipo de cortinas logran una menor reducción en la velocidad del viento, pero lo hacen sobre una mayor extensión. Son empleadas en cultivos extensivos, frutales, pasturas, áreas de pastoreo y otras producciones, como también en la protección de infraestructura en situaciones donde por la naturaleza de los vientos locales no se requiere una significativa reducción de velocidad.

A modo de síntesis, el Gráfico 1 ejemplifica como varía la reducción de la velocidad del viento y la extensión de la zona protegida a sotavento y barlovento bajo diferentes porosidades de cortina y en la Tabla 2 se resumen sus características.

Gráfico 1. Velocidad del viento y extensión de la zona protegida a barlovento y sotavento según porosidad de la cortina.



Modificado de Vigjak et al. (2003).

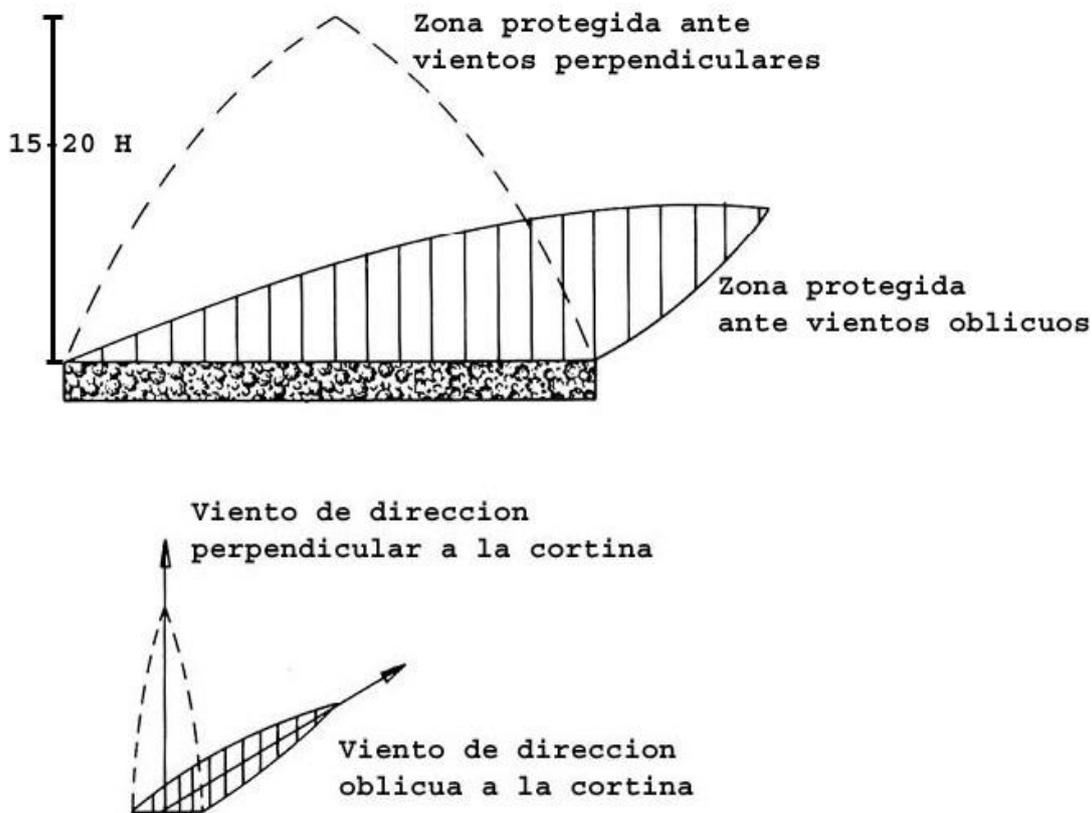
Hemos de tener en cuenta que, para una misma cortina, estas características son dinámicas; cambian con la edad, volviéndose más densa conforme los árboles crecen, expanden su copa y las copas de árboles contiguos se aproximan y/o entrelazan, a la vez que aumentan su altura y con ello la extensión del área protegida. Por este motivo, al diseñar una cortina han de considerarse como referencia las características que tendrán los árboles que la componen a una edad de 10-20 años, esto último dependiendo de la especie y la velocidad de crecimiento en el sitio donde será plantada.

A fin de proteger toda la extensión de un área, se plantan **cortinas principales** paralelas y a intervalos regulares y el distanciamiento entre ellas está determinado, como antes comentamos, por la altura que alcanzarán los árboles y la permeabilidad de la cortina (Tabla 2). Estas son complementadas con la instalación de **cortinas secundarias** cuyo objetivo es mejorar la protección mientras las cortinas principales son jóvenes. Las secundarias se plantan con idénticas

tica orientación y a distancias intermedias entre las principales y también de forma perpendicular a ellas (Figura 17 Der.). Cuando las cortinas principales alcanzan su altura adulta, las secundarias pueden eliminarse.

El **ángulo de incidencia del viento** también modifica la porosidad de una cortina respecto a la que tiene cuando éste incide en forma perpendicular. La incidencia del viento en forma oblicua a la orientación de la cortina afecta la zona protegida a sotavento (Figura 12), tanto en su extensión como en su forma.

Figura 12. Alteración en la extensión del área protegida por una cortina forestal ante vientos que inciden en forma oblicua a la orientación de su eje longitudinal.



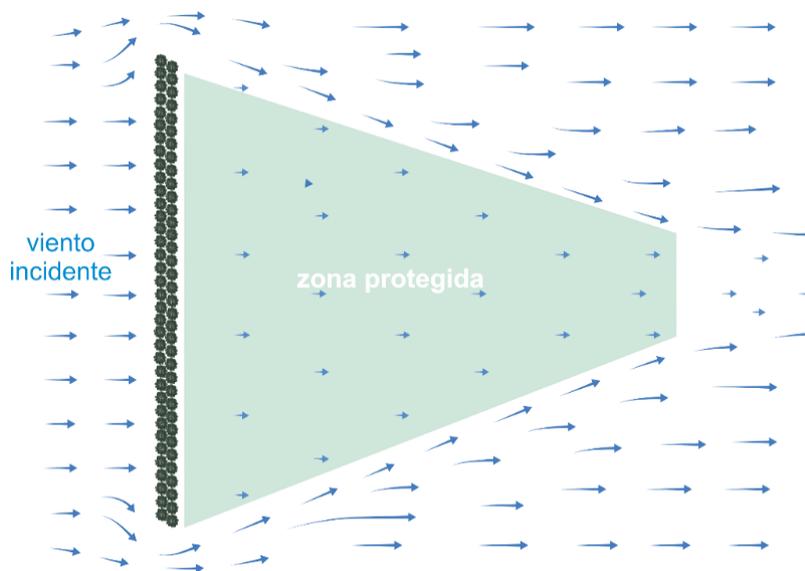
Adaptado de Read (1964).

Por último y no menos importante, la propia velocidad del viento modifica la porosidad de la cortina: los vientos muy fuertes (> 50 km/h, ver Tabla 4 de escala de Beaufort modificada por Simpson) provocan la deformación temporaria de la copa producida por la flexión de tallos, ramas y la reorientación del follaje (Gardiner et al., 2016) y dicha variación en la porosidad resulta en una disminución de su efecto morigerante del viento y protector.

Uniformidad y longitud de una cortina

Bajo un modelo simplificado del viento soplando de forma perpendicular a su orientación, veamos ahora que ocurre en los bordes de la cortina. El viento que incide en este sector flanquea la barrera, genera turbulencias en su parte posterior e invade progresivamente el área de calma y dicha invasión es mayor a medida que nos alejamos de la cortina. Vista en planta, el área protegida en los laterales adquiere forma aproximadamente triangular o trapezoidal (Figura 13). En razón de ello y para mayor eficiencia, es deseable que el largo ininterrumpido de una cortina sea de al menos 10 veces la altura de los árboles al estado adulto (10 H). Por ejemplo, si se prevé que la altura de la cortina será de 20 m al alcanzar su máxima talla, la longitud de la cortina debería ser de al menos 200 m.

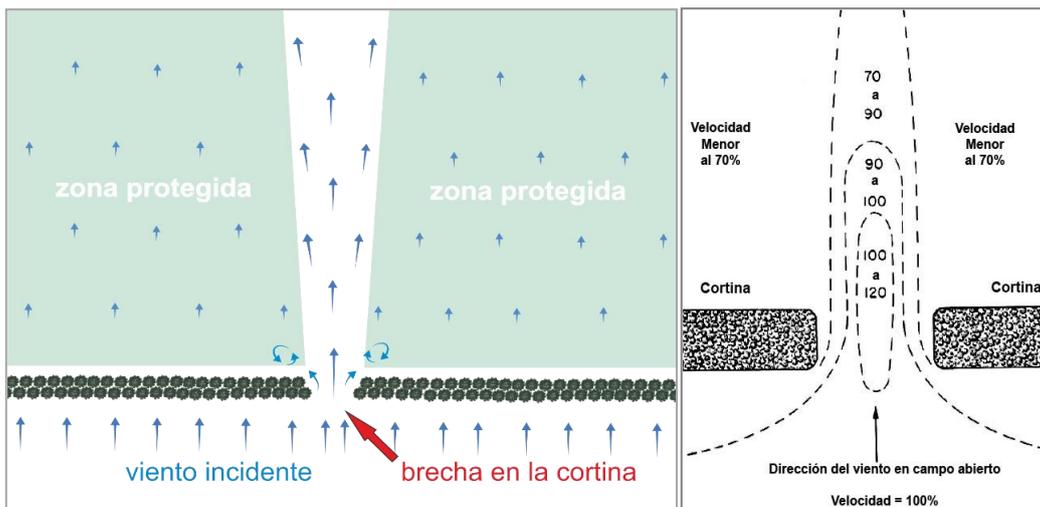
Figura 13. Esquema de vista en planta de la reducción lateral del área protegida a sotavento por el efecto de los vientos que flanquean la cortina.



Fuente: elaboración propia.

Para un correcto funcionamiento es necesario que la barrera tenga una **distribución uniforme** de los árboles y que no presente interrupciones, pues alteran el flujo del aire y el comportamiento aerodinámico. La existencia de huecos en la continuidad de la cortina habilita el pasaje del viento, que por un lado se acelera al pasar a través de esta constricción, generando turbulencias inmediatamente detrás de la cortina a la vez que se modifica la velocidad del viento y la forma del área protegida (Figura 14).

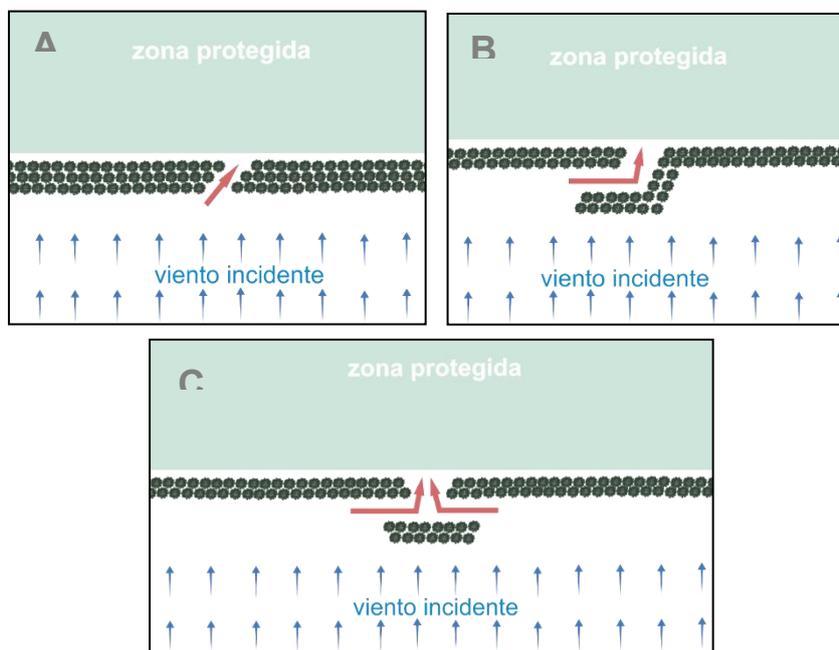
Figura 14. Esquema de vista en planta del efecto que provoca un brecha o discontinuidad en la cortina sobre el flujo y velocidad del viento.



Fuente: (Izq.) Elaboración propia. (Der.) Modificado de Read (1964).

Para el tránsito de maquinaria y equipos resulta indispensable disponer de pasajes a través de las cortinas. Sin embargo, éstos han de resolverse de manera que la continuidad de la misma no se vea interrumpida. El diseño de los pasajes en forma oblicua al eje longitudinal, la plantación de mangas o segmentos de cortina frente a los pasos son alternativas válidas para salvar la continuidad y mantener la uniformidad de las barreras forestales (Figura 15).

Figura 15. Alternativas de resolución de un pasaje a través de una cortina para mantener su continuidad.



(A) Formación de un pasaje oblicuo al eje de la cortina. (B) Establecimiento de mangas en la cortina que protejan la brecha originada por el paso. (C) Plantación de segmentos de cortina frente a los pasos. La flecha roja indica el tránsito a través de la cortina. Fuente: elaboración propia

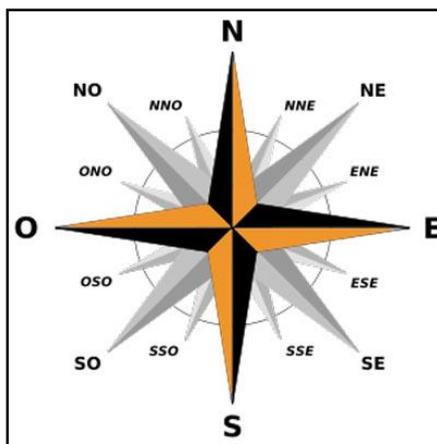
El estudio de los vientos para el diseño de cortinas

El viento es aire en movimiento en la superficie terrestre y juega un rol fundamental en la determinación y regulación del clima y la meteorología. Es un fenómeno que se caracteriza por dos magnitudes: su dirección y su velocidad. La dirección se señala por el punto cardinal, lateral o colateral del cual procede el viento, determinando 16 posibles direcciones (Tabla 3 y Figura 16); de allí que las veletas ‘apunten’ hacia el lugar desde donde sopla el viento.

Tabla 3. (Izq.). Puntos cardinales y laterales que señalan la dirección del viento.

Punto Cardinal	Azimut (grados)	Puntos Lateral	Azimut (grados)	Puntos Colateral	Azimut (grados)
N	0	NE	45	NNE	22,5
				ENE	67,5
E	90	SE	135	ESE	112,5
				SSE	157,5
S	180	SO	225	SSO	202,5
				OSO	247,5
O	270	NO	315	ONO	292,5
				NNO	337,5

Figura 16 (Der.) Rosa de vientos señalando los puntos cardinales, laterales y colaterales.



Las estaciones agrometeorológicas oficiales del SMN (Servicio Meteorológico Nacional) y del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) registran la velocidad del viento mediante anemómetros instalados a una altura estándar de 15 m y la expresan en km/h en sus series de estadísticas climáticas. El SMN utiliza una escala de Beaufort modificada por Simpson (Shaw y Simpson, 1906), que relaciona la velocidad del viento con efectos visibles que este tiene sobre la tierra (Tabla 4). También registra la dirección, asignándole el punto cardinal o lateral más próximo desde el cual procede en viento (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO).

Integrando lo anterior y a modo de ejemplo, cuando en el informe de pronóstico meteorológico se señala que habrá ‘vientos regulares del sector sudeste’, significa que el viento procederá de ese punto lateral con azimut de 135° y una velocidad de entre 29 y 38 km/h.

Tabla 4. Escala de Beaufort modificada utilizada por el SMN y rangos de efectividad de las cortinas forestales en la reducción de la velocidad del viento.

Denominación	Rango de Velocidad	Efecto apreciable	Efectividad de cortinas en la reducción de la velocidad del viento
Calma	1 - 5 km/h	El humo se mueve verticalmente	Zona de efectividad de cortinas en la reducción de la velocidad del viento (vientos frecuentes)
Brisa	6 - 11 km/h	Se mueven las hojas de los árboles y las veletas comunes	
Leve	12 - 19 km/h	Hojas y ramillas de los árboles se agitan constantemente. Las banderas se extienden al viento.	
Moderado	20 - 28 km/h	Se mueven las ramas pequeñas de los árboles y se levanta el polvo	
Regular	29 - 38 km/h	Se balancean los árboles jóvenes o pequeños. En las superficies de agua de estanques se forman ondas.	
Fuerte	39 - 49 km/h	Se mueven las ramas principales gruesas de árboles adultos	Zona de efecto regulador disminuido (vientos poco frecuentes)
Muy fuerte	50 - 61 km/h	Los troncos de árboles adultos se mueven. Dificultad para caminar contra el viento.	
Temporal	62 - 74 km/h	Se rompen las ramas pequeñas de los árboles	
Temporal fuerte	75 - 88 km/h	Rompe ramas gruesas y provoca voladura de techos (chapas, tejas)	Zona no efectiva. Rotura de ramas, troncos y/o caída de árboles (vientos excepcionales)
Temporal muy fuerte	89 - 102 km/h	Provoca la caída de árboles y daños severos a infraestructura	
Temporal muy duro	103 - 117 km/h	Ocasiona destrozos generalizados. Voladura de personas y objetos.	
Temporal huracanado	> 118 km/h	Voladura de vehículos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón	

Fuente: elaboración propia en base a SMN.

Las cortinas rompevientos brindan protección frente a los vientos de velocidades normales que soplan con regularidad en una determinada zona. Por su dirección, contenido de humedad y/o temperatura, algunos se consideran especialmente problemáticos para determinadas producciones en varias regiones del país: ejemplos de ello son las bajas temperaturas y heladas advectivas ocasionadas por el viento Pampero en la región central y litoral del país (también Uruguay y Sur de Brasil) y su consecuente efecto en cultivos y ganados; o la acción desecante de vientos secos del oeste (Zonda) en algunas regiones de Cuyo y su impacto en la floración de frutales, vid y olivo (Caretta et al., 2004).

El análisis de los vientos en una ubicación para la orientación de cortinas

El primer paso para evaluar la necesidad de una cortina y proyectarla es el análisis de los vientos de una zona en relación a las producciones que se pretende proteger.

El SMN publica series de estadísticas climáticas de la red de estaciones meteorológicas, constituidas por datos colectados durante una década. Las estadísticas sobre vientos contienen, para cada mes y punto cardinal / lateral, las frecuencias y la velocidad media del viento, registrando también la frecuencia de los días de calma (sin viento) (Tabla 5).

Tabla 5. Serie de estadísticas climáticas de la estación Hilario Ascasubi INTA (Pdo. Villarino, Buenos Aires). Período 2001-2010.

Nombre	Provincia	Lat S	Long W	Altura	Nro OMM	Categoría	Pertenece a	Periodo
HILARIO ASCASUBI INTA	Buenos Aires	39,23	62,37	22	87741	Climática	I.N.T.A.	2001-2010

VIENTO (km/h)

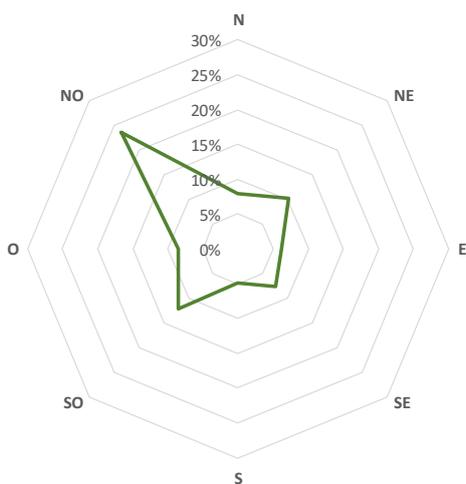
VELOCIDAD MEDIA POR DIRECCIÓN Y FRECUENCIA DE DIRECCIONES EN ESCALA DE 1000

DIR		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	Frecuencia	85	93	93	78	90	57	67	77	94	86	77	60	80
	Velocidad Media	9,0	4,1	7,4	7,4	7,1	7,0	6,4	1,3	8,0	9,2	8,6	5,9	6,8
NE	Frecuencia	154	156	113	57	57	48	69	77	105	120	133	146	103
	Velocidad Media	9,7	4,7	6,8	7,3	6,4	7,1	7,8	7,7	8,5	8,2	8,7	8,5	7,7
E	Frecuencia	90	107	68	20	30	26	19	39	60	59	91	125	61
	Velocidad Media	7,7	1,5	5,9	6,5	6,9	6,3	5,7	6,5	8,1	6,7	7,3	7,3	6,3
SE	Frecuencia	130	122	92	63	42	19	25	64	65	100	85	101	76
	Velocidad Media	8,0	3,4	6,5	7,6	6,4	4,0	8,7	8,2	9,3	7,8	10,5	9,3	7,6
S	Frecuencia	51	47	63	53	39	20	30	43	65	47	69	56	48
	Velocidad Media	6,6	1,7	6,0	6,8	5,4	4,9	6,5	6,4	8,3	6,3	7,6	8,1	6,2
SW	Frecuencia	104	91	92	111	107	132	168	142	120	136	139	112	121
	Velocidad Media	11,0	2,0	8,2	8,4	7,4	8,7	9,1	9,3	8,2	10,6	9,6	10,5	8,8
W	Frecuencia	65	61	60	118	81	125	106	95	68	80	99	73	86
	Velocidad Media	8,6	9,6	7,7	6,5	5,9	7,1	6,7	6,9	7,9	9,9	8,0	9,0	6,6
NW	Frecuencia	221	181	197	245	275	340	272	261	220	216	189	216	236
	Velocidad Media	11,3	1,3	9,4	8,9	8,4	8,8	9,8	5,5	10,1	11,0	10,3	10,7	8,7
Calma	Frecuencia	101	142	222	255	279	232	245	202	204	155	118	110	189

Fuente: Series de estadísticas climáticas. Servicio Meteorológico Nacional

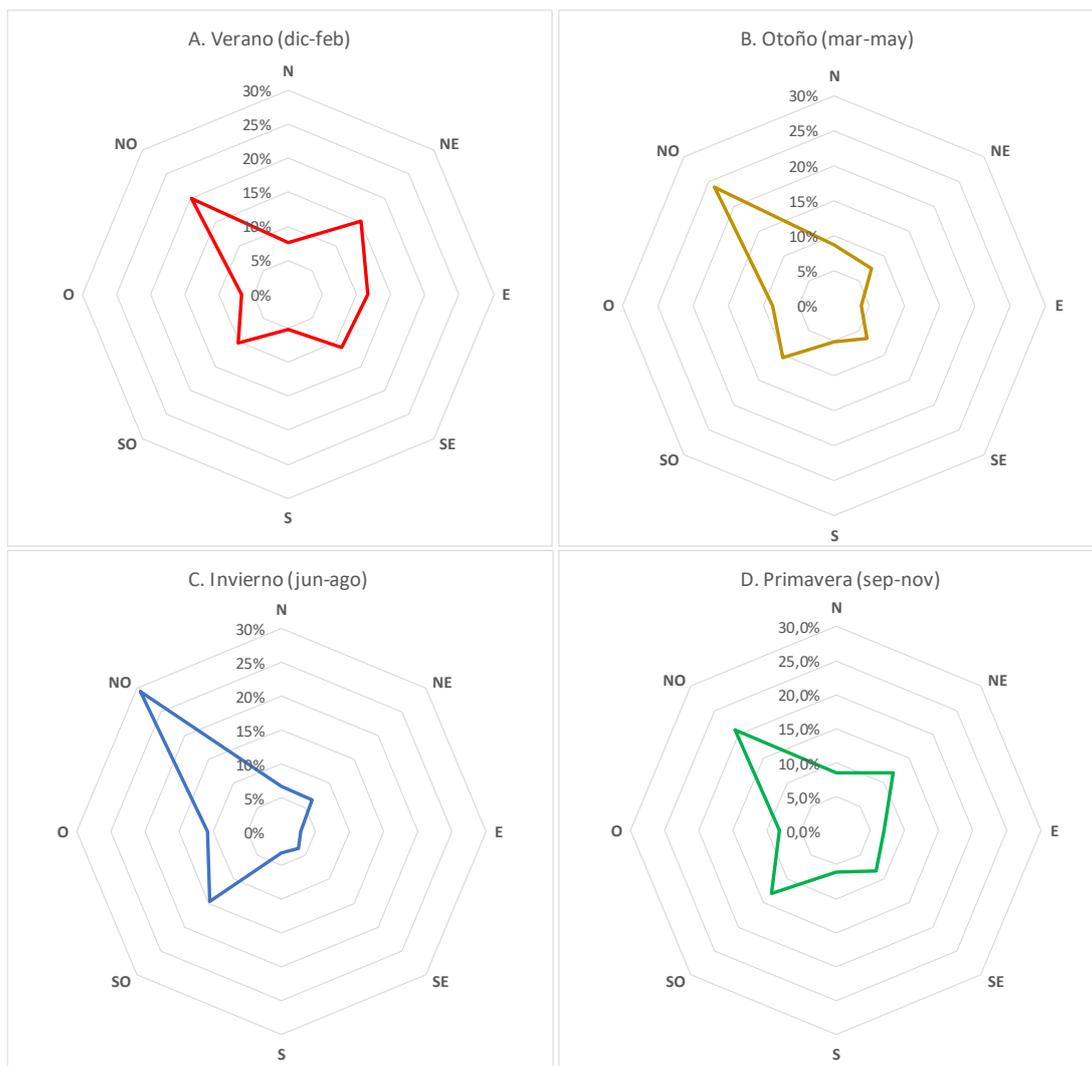
En base a una serie actualizada de estadísticas climáticas se elaborarán los anemogramas o rosas de vientos, a fin de identificar la dirección de los vientos predominantes. Es posible construir un anemograma anual (Gráfico 2) y/o por estaciones (Gráficos 3A a 3D), para un estudio más pormenorizado de los vientos de una estación en particular coincidentes con épocas sensibles para los cultivos a proteger. **Identificadas la o las direcciones de los vientos predominantes, la orientación óptima del eje longitudinal de la cortina es perpendicular a estos.**

Gráfico 2. Anemograma anual para Hilario Ascasubi.



El viento predominante es del noroeste.

Gráfico 3 (A al D). Anemogramas estacionales para Hilario Ascasubi (Pdo. Villarino, Buenos Aires).

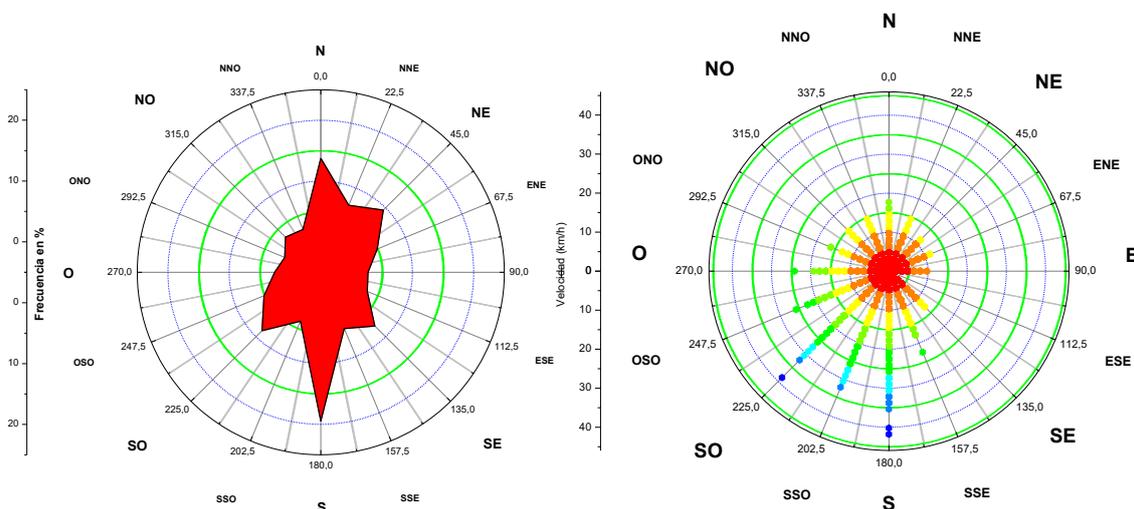


Fuente: elaboración propia a partir de serie de estadísticas climáticas 2001-2010 del Servicio Meteorológico Nacional.

En el ejemplo anterior, en el anemograma anual se observa que en ese lugar los vientos más frecuentes proceden del noroeste; los vientos primaverales y los estivales son frecuentes desde el sudoeste y noreste. En consecuencia, las cortinas deberán planificarse preferentemente con una orientación SO-NE y NO-SE, es decir, perpendiculares a los vientos predominantes.

En las últimas tres décadas, la adopción progresiva de estaciones meteorológicas automáticas ha permitido contar con un gran volumen de datos del clima en general y del viento en particular, con registros detallados de dirección y velocidad a lo largo del día. Para las estaciones meteorológicas que cuentan con series de datos con este detalle, es posible construir anemogramas que incluyen la velocidad del viento como variable y con ello identificar la dirección de los vientos de mayor velocidad (Gráfico 4), que en algunas regiones son los más problemáticos y los que se tienen en cuenta para definir la orientación de una cortina. En otros casos, junto con la velocidad se tiene en cuenta la temperatura (bajas o altas) y/o el contenido de humedad al momento de identificar los vientos más nocivos para las producciones.

Gráfico 4. Anemogramas de frecuencia y de velocidad del viento según origen.



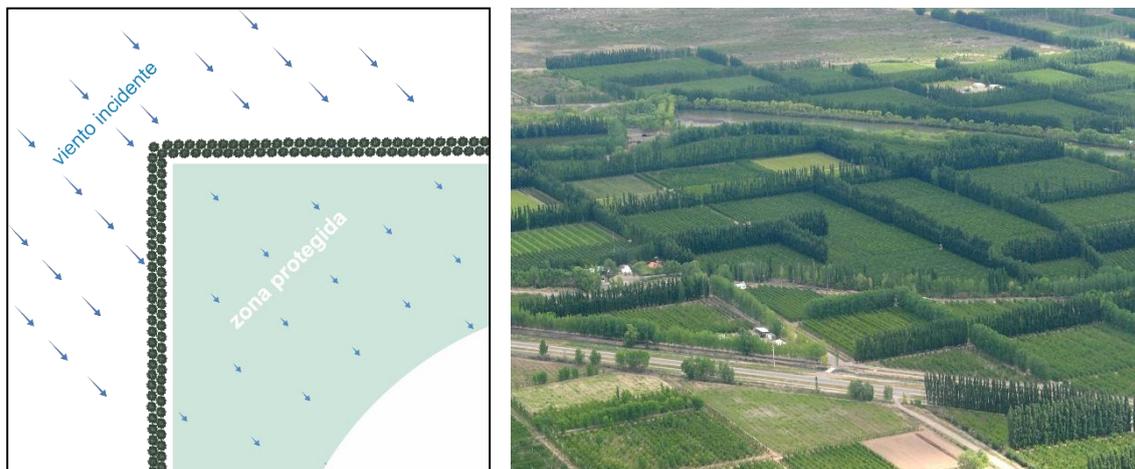
(Izq.) Anemograma para la EEA San Pedro INTA indicando la frecuencia de días con viento según su origen permite identificar los vientos más frecuentes. (Der.) Anemograma de la misma estación señalando la velocidad (denominada también intensidad) de viento según origen. Nótese que mientras que los vientos más frecuentes proceden del norte y del sur, los de mayor velocidad proceden del S y SO. Fuente: elaboración propia a partir de datos de estación meteorológica automática EEA San Pedro INTA.

Restricciones del terreno en el diseño y replanteo a campo de las cortinas

No siempre es posible plantar una cortina con la orientación óptima perpendicular a los vientos predominantes. En la mayoría de los casos, la proyección a campo de una cortina frecuentemente se encuentra con restricciones determinadas por la división catastral y la orientación de los lotes, la ubicación de alambrados, caminos e infraestructura, como también la existencia de desagües, arroyos u otros condicionantes naturales. En las zonas de regadío, la disposición de los canales de diferente magnitud que conforman la red de riego y drenaje definen la orientación de los lotes y de las cortinas cortavientos (Figura 17 Der.).

Frecuentemente los vientos inciden de forma oblicua a la orientación en que efectivamente puede plantarse una cortina en el terreno. Esto lleva a la adopción de diseños de cortinas de 2 brazos o en forma de “L” (Figura 17) o de 3 brazos o en forma de “C”, para proteger 2 o 3 laterales de un lote respectivamente.

Figura 17. Cortinas de dos o más aristas o brazos.



(Izq.). Cuando los vientos predominantes inciden de forma oblicua a la orientación de los alambrados o la red de riego, se establecen cortinas sobre las 2 aristas o linderos de los lotes. (Der.). La disposición de las cortinas en zonas de riego se ajusta a la división catastral y a la orientación de la red de riego y drenaje. Fuente: elaboración propia.

Elección de las especies y materiales de propagación

La selección de la/s especie/s a utilizar en una cortina cortavientos está condicionada por diversos factores, siendo los más importantes:

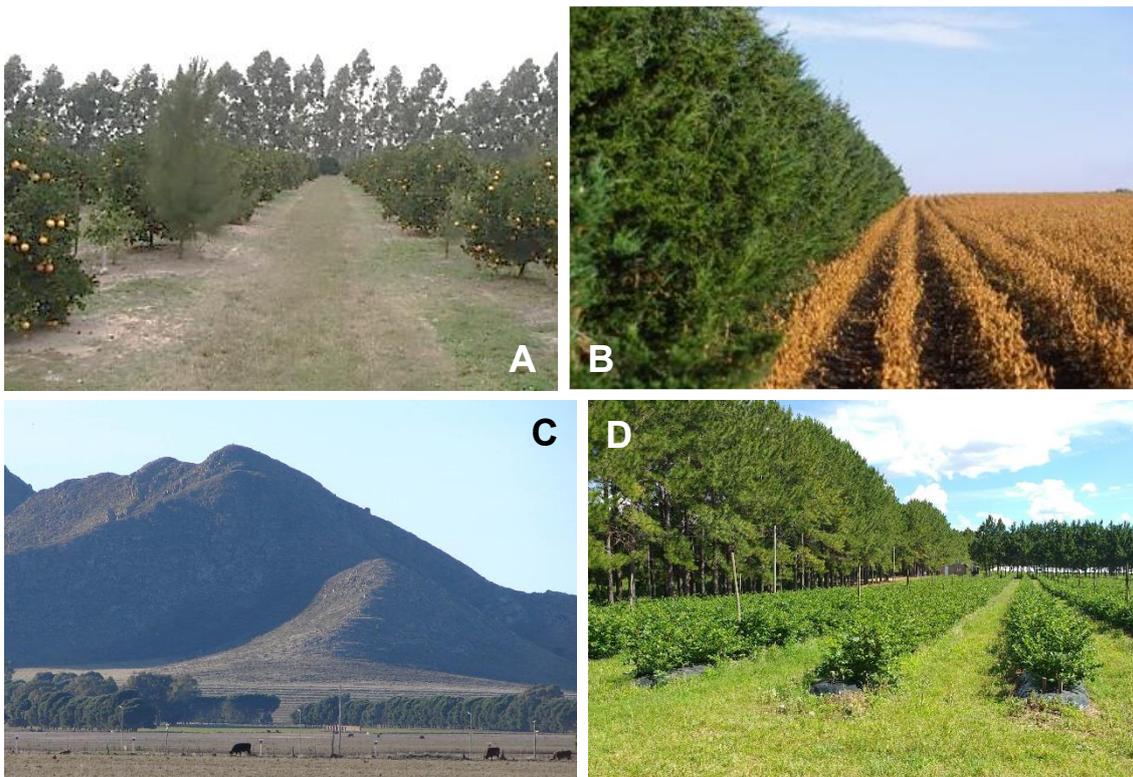
- Las características climáticas y edáficas del sitio
- El tipo de producción a proteger y la época crítica en que esta requiere protección.
- La talla de la especie, su velocidad de crecimiento, forma de copa, arquitectura de ramas y persistencia de follaje.
- El potencial destino industrial de la madera obtenida del aprovechamiento de la cortina.
- La existencia de mecanismos de promoción o fomento al establecimiento de cortinas.

Las condiciones de clima y suelo resultan excluyentes al momento de elegir las especies potenciales para uso como cortinas. En líneas generales, el tipo de clima define los géneros o grupos de especies que es factible cultivar. Luego, las características del suelo delimitarán calidades de sitio disponibles y con ello las especies a plantar en cada zona.

Un segundo criterio que se tiene en cuenta en la selección son las características de crecimiento del tronco, abundancia, largo, ángulo de inserción y flexibilidad de las ramas frente al viento, además de las características del follaje en cuanto a si es perenne o caduco, su tamaño, textura y la persistencia de las ramas en la porción baja y media del tronco con la edad. Las especies preferidas para uso como cortinas se caracterizan por un tener hábito de crecimiento

excurrente, con un tronco o eje preferentemente único y dominante, ramas poco extendidas horizontalmente o adpresas al tronco generando copas de forma columnar o fastigiada.

Figura 18. Cortinas de follaje perenne.



(A) casuarina y cítricos, Colonia Ayuí, Entre Ríos. (B) ciprés y soja, Lima, Buenos Aires. (C) pino de Alepo y pastura, Pigüe, Buenos Aires. (D) pino taeda y arándano, Concordia, Entre Ríos. Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP.

El tipo de follaje, perenne o caduco, dependerá de la clase de producción a proteger (o infraestructura) y la época más sensible en la que se requiere protección, de modo que los árboles tengan follaje en dicha época (Figuras 18, 19 y 20).

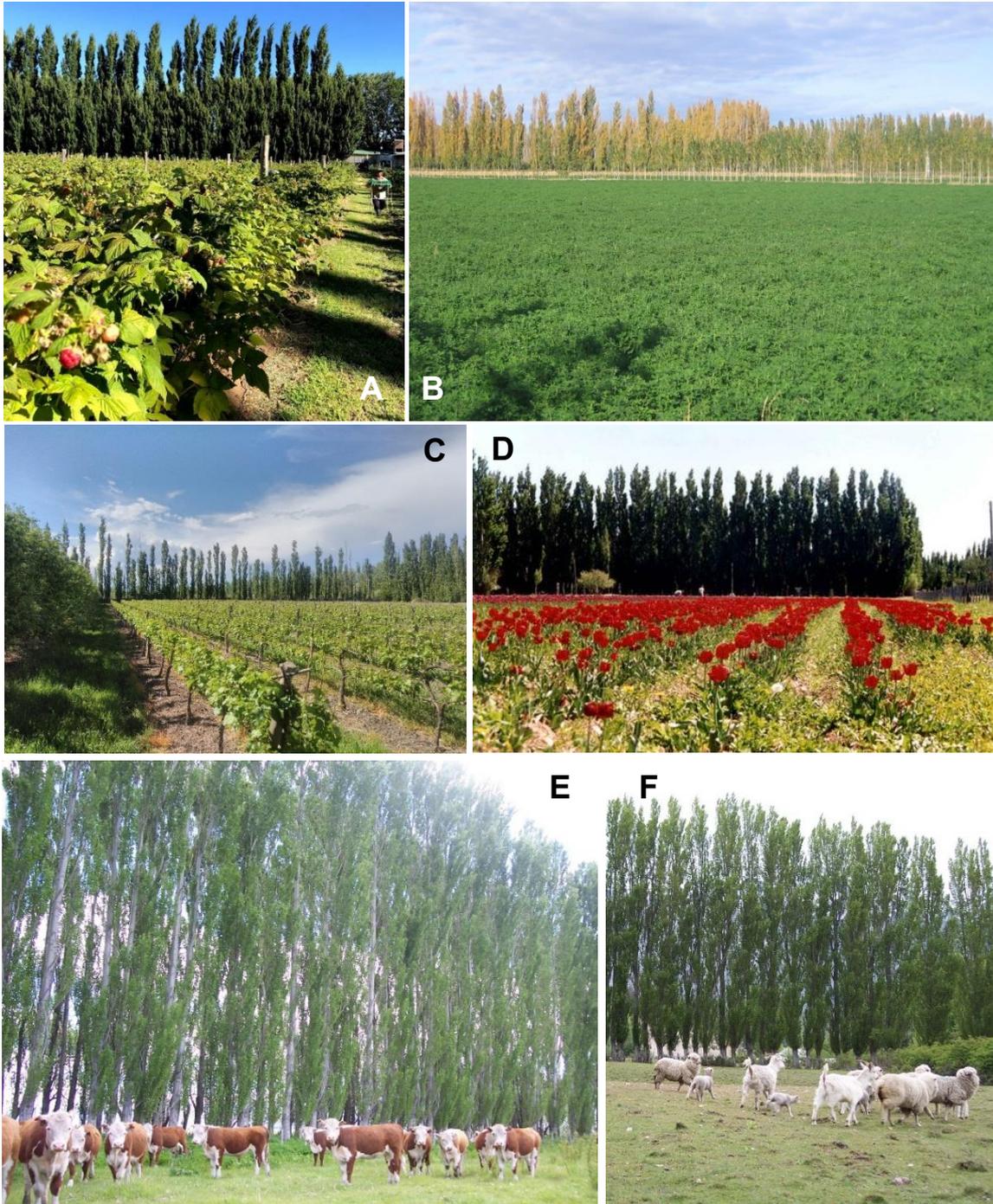
Figura 19. Cortinas protegiendo infraestructura.



(Izq.) de hoja perenne (*Eucalyptus* spp). (Der.) de hoja caduca (*Populus* spp.). Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP.

La rapidez de crecimiento y la sanidad son características de peso en la elección, a fin de lograr cortinas que crezcan vigorosas y puedan comenzar a prestar servicio reduciendo la velocidad del viento en el tiempo más corto posible.

Figura 20. Cortinas de follaje caduco.



(A) álamo y frambuesa, Plottier, Neuquén. (B) álamo y alfalfa, Senillosa, Neuquén. (C) álamo y vid, Sargento Vidal, Río Negro. (D) álamo y tulipanes, Gdor. Gregores, Santa Cruz. (E) álamo criollo y bovinos, El Maitén, Chubut. (F) álamo criollo, lanares y caprinos, Epuayén, Chubut. Fuente: A al D: Curso de introducción a la Dasonomía FCAYF – UNLP. E y F: Ing. Ivana Amico, EEA Esquel INTA.

Otro aspecto importante en la elección de las especies es la aplicación industrial de su madera. Como veremos enseguida, en algunas regiones el sistema de plantación en cortinas representa una parte importante del recurso forestal implantado y el aprovechamiento maderero de las mismas da origen a una industria forestal en ocasiones de relevancia y ligada a la producción principal que protegen, como sucede con las cortinas de álamo protegiendo frutales en los oasis de riego de Patagonia norte y la obtención de madera destinada a la fabricación de embalajes y cajonería.

A modo de síntesis, la Tabla 6 resume los grupos y especies empleadas para cortinas en cada región, junto con el uso industrial de la madera fruto de su aprovechamiento.

Tabla 6. Especies utilizadas para cortinas forestales en diferentes regiones.

Región	Protegiendo	Grupos cultivados	Especies / cultivares	Aplicación de la madera
Litoral	cítricos, arándanos	Pinos subtropicales Casuarina	<i>Pinus elliotii</i> ; <i>P. taeda</i> <i>Casuarina spp</i> <i>Grevillea robusta</i>	aserrado, leña (casuarina y eucalipto)
	infraestructura	Casuarina, eucaliptos subtropicales	<i>Casuarina spp.</i> <i>Eucalyptus grandis</i> ; <i>Corymbia torelliana</i>	
Región pampeana	pasturas, cultivos, infraestructura	Casuarina, eucaliptos templados, álamo, cipreses	<i>Casuarina ssp.</i> <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ; <i>E. tereticornis</i> ; clones de <i>Populus deltoides</i> y <i>P. x euroamericana</i> ; <i>Cupressus sempervirens</i> , <i>C. macrocarpa</i> , <i>C. x leylandii</i>	aserrado, carpintería rural, leña (casuarina y eucalipto)
Buenos Aires Sudeste	cultivos, infraestructura	eucaliptos templados, cipreses	<i>Eucalyptus viminalis</i> ; <i>E. globulus</i> <i>Cupressus macrocarpa</i> ; <i>C. sempervirens</i>	aserrado triturado celulosico (<i>E. globulus</i>)
Cuyo bajo riego	frutales, pasturas, horticolas. infraestructura	clones de álamo de forma fastigiada	<i>Populus nigra</i> (cv. itálica, cv. Thaysiana, cv. Jean Pourtet); <i>P. alba var. pyramidalis Bolleana</i> <i>P. x euroamericana</i> (I-214, Conti 12, cv. Guardi, cv. Veronese)	aserrado general, cajonería, debobinado
Patagonia bajo riego	frutales, pasturas, horticolas. infraestructura	clones de álamo de forma fastigiada	<i>Populus nigra</i> (cv. itálica, cv. Thaysiana, cv. Jean Pourtet) <i>P. x euroamericana</i> (I-214, I-488, I-262, Conti 12, cv. Guardi, cv. Luisa Avanzo)	aserrado general, cajonería, celulosa, debobinado
Patagonia andina (secano)	pasturas, cultivos, infraestructura	clones de álamo de forma fastigiada, cipreses, pinos templado/fríos	<i>Populus nigra</i> (cv. itálica, cv. Thaysiana, cv. Jean Pourtet, cv. Moissac, cv. Sehuil, DeLion, Naurduze) <i>P. x euroamericana</i> (I-214, I-488, Conti 12) <i>P. trichocarpa</i> (cv. SP1456, cv. SP125, cv. Río Frío, cv. 919) <i>Cupressus macrocarpa</i> , <i>Pinus radiata</i> , <i>P. contorta</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i>	aserrado, leña
Region semiarida (La Pampa, San Luis, BsAs)	cultivos, pasturas, infraestructura	eucaliptos, pinos mediterraneos, olmo	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> ; <i>E. viminalis</i> <i>Pinus halepensis</i> ; <i>P. brutia</i> ; <i>Ulmus spp.</i>	aserrado, carpintería rural, leña
Delta del Paraná	fijación de costas, infraestructura	pinos subtropicales, casuarina, cipreses calvos, salicáceas, eucaliptos templados	<i>Pinus elliotii</i> ; <i>P. taeda</i> <i>Casuarina spp</i> <i>Taxodium spp.</i> Clones de <i>Populus deltoides</i> ; clones de <i>Salix nigra</i> , <i>S. alba</i> , <i>S. matsudana</i> y sus híbridos <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ; <i>E. dunnii</i>	aserrado, carpintería rural, leña

Fuente: Elaboración propia a partir de SAGPyA (1999), Amico (2002), Calderón (2006), Serventi (2011), Borodowski (2017), CFI-FCAYF (2018), Zubrzycki (2019), Davel y colab. (2020) y observaciones propias

Cabe comentar en este punto que los mecanismos de fomento forestal vigentes en Argentina establecen para cada región del país cuáles son las especies que están promocionadas para realizar forestaciones en cortinas y en macizos. Volveremos brevemente al tema de fomento a la realización de cortinas en un próximo apartado.

Materiales de propagación

Los materiales de propagación empleados para plantar cortinas son la planta con cepellón o pan de tierra en el caso de casuarina, pinos, eucaliptos y cipreses. En eucaliptos y pinos el material de plantación más común es el plantín en contenedor de una temporada de crecimiento (plug + 0), fácilmente disponible y a bajo costo en viveros forestales. Para casuarina y cipreses, frecuentemente se emplean plantas de 2 a 4 temporadas de crecimiento en envase tipo maceta plástica de 1 o 4 litros dependiendo de la región y el vivero proveedor.

Para álamos y sauces que son multiplicados vegetativamente, se utilizan barbados de 1 o 2 temporadas (estacas enraizadas en vivero con 1 o 2 temporadas de crianza), guías o estacas. En zonas bajo riego el barbado es el material de plantación por excelencia, pues al ser una planta con raíz, se logra un mayor prendimiento. En la región Pampeana y en el Delta del Paraná se utilizan con frecuencia guías de 1 temporada de crecimiento y estacas por su menor costo y buena sobrevivencia. Las estacas también se emplean en zonas bajo riego cuando las cortinas se plantan junto a acequias y canales que aseguran una adecuada dotación de humedad en el suelo.

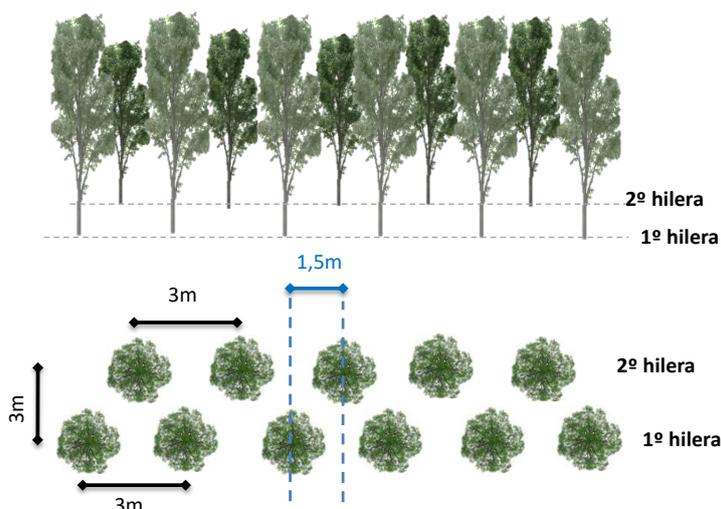
Para ahondar en los diferentes tipos de material de propagación referiremos al lector al capítulo 2 del libro cátedra “Plantaciones forestales en Argentina: Fundamentos técnicos y metodologías para la realización de forestaciones en diferentes regiones” (Galarco y Ramilo Ed, 2020) publicado por EDULP y de libre acceso a través del repositorio institucional de la UNLP.

Diseño: cantidad de hileras y espaciamiento

El número de hileras de una cortina varía con las especies y variedades (o clones), la región con sus condiciones climáticas y en particular sus vientos, el tipo de producción a proteger y la utilización que tiene la madera de la cortina. En todos los casos son de 1 a 3 hileras, excepcionalmente 4, ya que con mayor número de hileras se consideran *fajas* o *trincheras*.

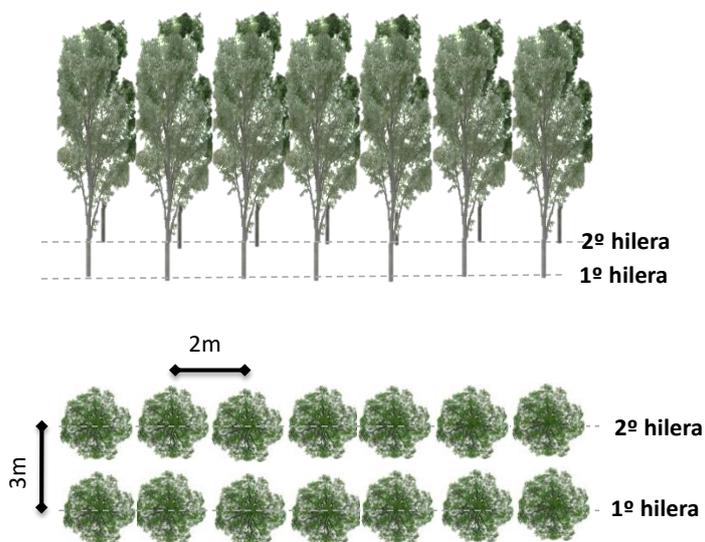
En cortinas de 2 o más hileras la configuración espacial de las plantas puede ser en **tresbolillo** (Figura 21) o **marco real** (Figura 22), siendo la primera muy utilizada ya que en cortinas de 2 hileras tal disposición garantiza que todas las plantas tengan frente al viento cuando este sopla en dirección perpendicular a la barrera.

Figura 21. Configuración espacial en tresbolillo.



Las plantas de hileras contiguas se ubican desfasadas un 50% entre sí. Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Configuración espacial en marco real.



Las plantas de hileras contiguas están alineadas; puede ser 'rectangular' cuando la distancia entre plantas en la hilera y entre hileras es diferente o 'cuadrado' cuando ambas distancias son iguales. Fuente: elaboración propia.

En las de 3 o 4 hileras se repite alguno de estos dos patrones de distribución, siendo la distribución en marco real algo común en este tipo de cortinas. Asimismo, puede ser la opción adecuada en situaciones en las que, por restricciones de apotreramiento, orientación de alambrados o de otro tipo, el viento incide de forma oblicua al eje longitudinal de cortina (Figura 17 Izq.)

Cortinas de 1 hilera

Las cortinas de 1 hilera son las más simples (Figura 23); el espaciamiento entre plantas surge del compromiso, por un lado, de la especie y variedad en relación a su arquitectura, for-

ma y diámetro de la copa y por otro, de la porosidad deseada para la cortina a crear, esto último en relación al tipo de producción y/o infraestructura que se desea proteger. En casuarina los espaciamientos entre plantas de 2 m a 2,5 m son usuales para cortinas semipermeables; para las poco permeables o de tipo barrera sanitaria, puede reducirse a 1,2 a 1,5 m (Figura 23A). En *Eucalyptus* se adoptan distanciamientos entre plantas de 2 hasta 3 m dependiendo de la especie utilizada y un aspecto tenido en cuenta es que son pocas las especies del género que mantienen las ramas en la porción baja y media del tronco con la edad (Figura 23B).

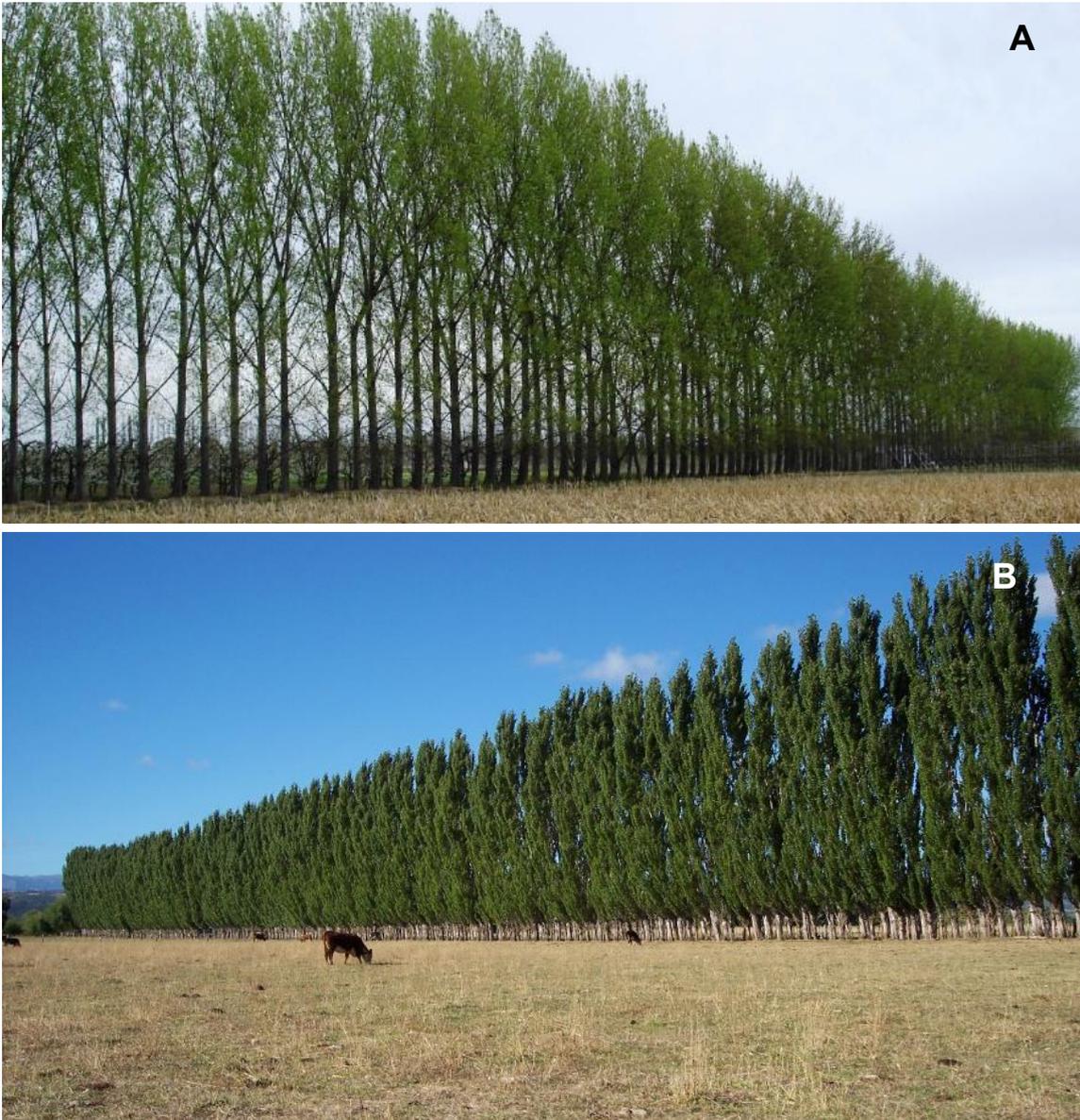
Figura 23. Cortinas de 1 hilera de hoja perenne.



(A) *Casuarina* spp., Bolívar, Buenos Aires. (B) *Eucalyptus dunnii*, Saladillo, Buenos Aires. Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP.

En álamo, cuando se emplean especies o variedades de porte fastigiado, los distanciamientos son de 1,2 m a 1,5 m entre plantas para cortinas semipermeables y 2m entre plantas en las permeables (Peri, 1997; Thomas, 2014; Davel et al., 2020) (Figura 24).

Figura 24. Cortinas de 1 hilera de hoja caduca.



(A) *Populus x euroamericana* I-214 en Allen, Río Negro. (B) *Populus nigra* cv *italica* en Trevelin, Chubut. Fuente: A: Ing. Esteban Thomas, EEA Alto Valle INTA. B: Ing. Ivana Amico, EEA Esquel INTA.

Cuando se utilizan cipreses en cortinas poco permeables, los distanciamientos son de al menos 4 m para especies de copa extendidas horizontalmente como *Cupressus macrocarpa* o *C. x leylandii* y algo menores en otras especies del género con copas de menor diámetro.

Cortinas de 2 hileras

En este tipo de cortinas se recomienda la plantación en tresbolillo cuando son de una sola especie. Los distanciamientos entre plantas en la misma hilera se amplían respecto a los utilizados en las de 1 sola hilera y las plantas de la segunda hilera ocupan posiciones intermedias entre las plantas de la primera (Figura 21).

En región Pampeana se adoptan distancias entre hileras de 2,5 hasta 5 m. Los distanciamientos entre plantas en la hilera son de 2 a 3,5 m dependiendo de la porosidad buscada en relación al objetivo de protección. Similares distanciamientos se emplean en cortinas de casuarina o de pino para la protección de cítricos en el litoral (Zubrzycki, 2019; Oberschelp et al., 2020). Para eucaliptos los distanciamientos entre hileras son de 4 a 6 m y entre plantas dentro de la hilera de 3 m a 4 m según la especie.

Figura 25. Cortinas de 2 hileras.



(Izq.) casuarina protegiendo arándanos en Concordia, Entre Ríos. (Der.) Eucalyptus viminalis en Veinticinco de Mayo, Buenos Aires. Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP.

En Patagonia, para las cortinas de 2 hileras realizadas con álamos de porte fastigiado se utilizan distanciamientos de 1,5m a 2m (y hasta 3m) entre hileras y 1 - 1,6m entre plantas (Peri, 1998; Amico, 2002; Peri, 2003; Tassara et al., 2008; Thomas, 2014; Davel et al., 2020) dependiendo de la porosidad de cortina que se desea lograr.

En los oasis de riego de Patagonia y Cuyo se emplean cortinas de álamo de 2 hileras y es una práctica frecuente plantarlas a ambos márgenes de las acequias (Figura 26).

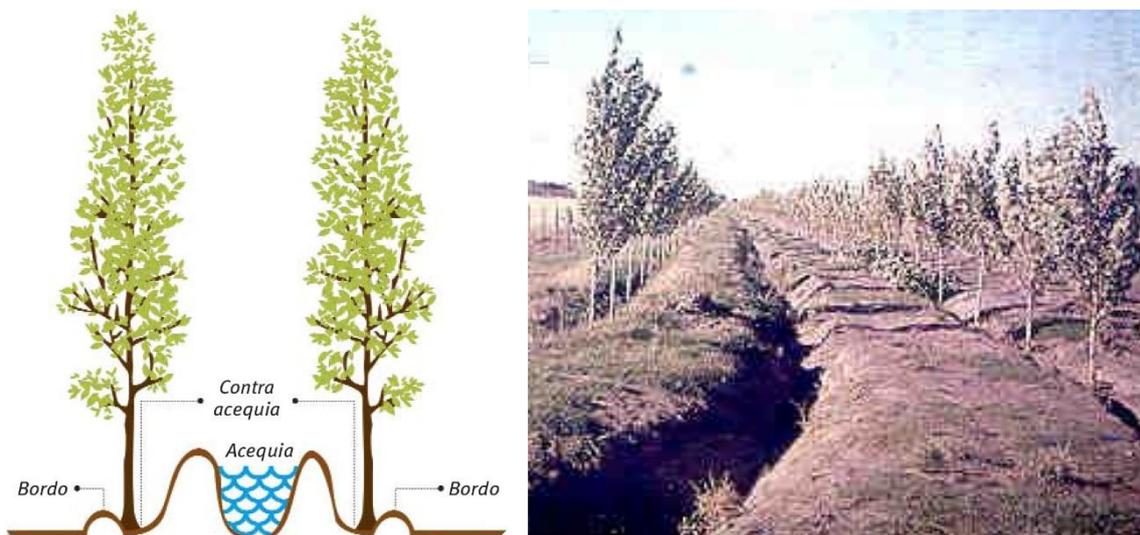
Figura 26. Cortinas de álamo de 2 hileras en las márgenes de acequias



(Izq.) Allen, Río Negro; (Der.) Senillosa, Neuquén. Fuente: (Izq.) Ing. Esteban Thomas, EEA Alto Valle INTA. (Der.) Nicolás García.

A fin de facilitar los trabajos regulares de limpieza y mantenimiento de la red de riego en la época invernal, es conveniente evitar la plantación de las cortinas inmediatamente junto a las acequias, optando por ubicarlas en la contra acequia (Salimbeni, 1980; Thomas, 2014) (Figura 27).

Figura 27. Ubicación de las plantas en la contra acequia, a fin de facilitar los trabajos regulares para su limpieza y mantenimiento.



Fuente: (Izq.) tomado de Thomas (2014). (Der.): cortina de álamo en el Valle Bonaerense del Río Colorado. Curso de introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP.

En algunas situaciones las cortinas pueden combinar 2 especies, particularmente en aquellas en las que la especie de mayor magnitud tiene la característica de perder las ramas de la porción baja del tronco con la edad, lo que aumenta la porosidad de la barrera restándole efecto protector. Esto ocurre en álamos del tipo deltoides y euroamericanos de copas extendidas (Figura 28) y en algunas especies de eucalipto de gran tamaño (*E. grandis*, *E. dunnii*, *E. viminalis*, *E. camaldulensis*).

Figura 28. Cortina madura de 1 hilera de *Populus deltoides* con porosidad excesiva en la porción baja del tronco en San Pedro, Buenos Aires.



En algunos casos, la especie principal ha de complementarse con otra especie de menor porte y/o con ramas basales persistentes o bien con una arbustiva. Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP.

En esos casos puede combinarse la especie principal con otra arbórea de menor talla o bien con una de tipo arbustiva para aumentar la densidad de la barrera en su porción inferior, dando origen a cortinas mixtas. Algunos ejemplos de combinaciones son álamo y sauce (Figura 29), eucalipto y casuarina, eucalipto y aroma australiano (*Acacia melanoxylon*), eucalipto y ciprés entre otros.

Figura 29. Cortina mixta de álamo negro y sauce.



Fuente: Ing. Pablo Peri. EEA Santa Cruz INTA.

Cortinas de 3 y 4 hileras

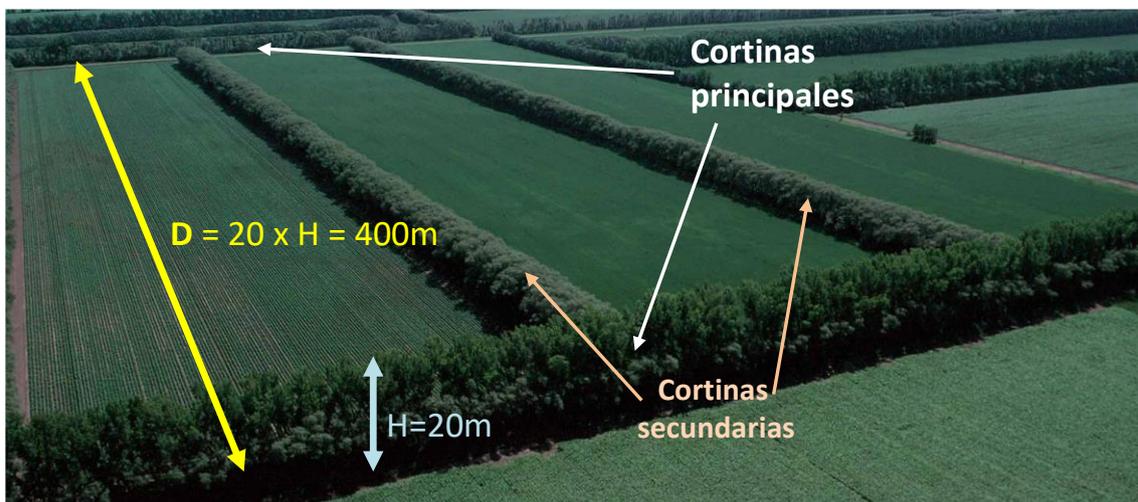
Las cortinas de 3 o 4 hileras, aunque poco frecuentes, se emplean cuando junto al objetivo de protección se persigue la obtención de madera como finalidad secundaria pero económicamente relevante, sin que ello reste superficie de magnitud a la actividad principal. Por ejemplo, en el sudeste bonaerense son usuales las cortinas de *Eucalyptus globulus* de 3 y de 4 hileras como diseño modal (CFI-UNLP, 2018), ya que la producción de madera para celulosa fue un objetivo de trascendencia económica a mediados de la década de 1990 y una industria exportadora de rollos y chips se sostuvo en la región basada fuertemente en el aprovechamiento de cortinas. En dicha región, la plantación de este tipo de cortinas se realiza en marco real o a tresbolillo, con distanciamientos semejantes a los de planteos celulósicos, de 2,8m x 2,8m o 3m x 3m.

Distancia entre cortinas. Sistemas de cortinas

Con el propósito de reducir la velocidad del viento y proteger una superficie amplia de terreno productivo, se plantan cortinas paralelas entre si y a intervalos regulares, configurando **sistemas de cortinas**. La distancia a la se repetirá la instalación de cortinas principales estará determinada por la porosidad de la cortina en acuerdo a la producción que se desea proteger y por la altura de los árboles al estado adulto, parámetros que en conjunto y como vimos anteriormente, definen la extensión del área protegida a sotavento del emplazamiento de una corti-

na. A modo de ejemplo, en una cortina semipermeable en la que se prevé que los árboles alcancen una altura de 20m, se estima que el área protegida será de aprox. 18 a 20 veces la altura (18 - 20H) y, en consecuencia, la distancia máxima entre dos cortinas principales sucesivas deberá ser de entre 360 y 400 metros (Figura 30).

Figura 30. Sistemas de cortinas



Esquema de distanciamiento entre cortinas principales. D: distancia entre cortinas; H: altura de la cortina. Fuente: elaboración propia sobre imagen de USDA Natural Resources Conservation Service

Zona de competencia. Distanciamiento con los cultivos

Las cortinas ejercen un efecto de reducción del rendimiento en los cultivos adyacentes, que es de diferente magnitud dependiendo del tipo de cultivo, las especies que forman la cortina y las condiciones climáticas (Stoeckeler, 1962; Zhu, 2008). Esta reducción ha sido vinculada principalmente a un mayor consumo de agua por parte de la cortina, pero también intervienen la intercepción de lluvia por parte de las copas de los árboles, el sombreado y posibles efectos alelopáticos de las especies forestales empleadas (Kort, 1988; Ong y Huxley, 1996). Esta **zona de competencia cortina-cultivo** puede extenderse de 0,5 hasta 1 a 1,5 veces la altura de los árboles de la cortina.

Aun cuando el incremento general de rendimiento del cultivo que se logra por el efecto protector de la cortina supera ampliamente las mermas de productividad experimentadas en la zona de competencia (Read, 1964; Helmers y Brandle, 2002; Wight y Straight, 2015), estas últimas pueden reducirse mediante prácticas de manejo. Algunas alternativas son el uso de especies forestales de anclaje profundo, el empleo de técnicas de plantación en profundidad cuando se emplean barbados de álamo en zonas de regadío, el aumento en los volúmenes de riego en proximidad de las cortinas para satisfacer el mayor consumo hídrico y la poda periódica (cada 2 o 3 años) de las raíces superficiales de los árboles (Brandle et al., 2004; Requena, 2006) mediante pasaje de subsolador o rastra pesada.

Plantación y cuidados culturales

Preparación del terreno

Las labores de preparación del terreno previas a la plantación varían según las características del terreno, el tipo y tamaño del material de propagación empleado y las maquinarias y aperos disponibles localmente. Las alternativas van desde el laboreo de la línea de plantación con rastra de discos, rastra de discos y cincel o subsolador, el hoyado con hoyadora montada en tractor o de motor a explosión y accionamiento manual, hasta el hoyado con pala y sin laboreo previo del suelo.

Como lineamiento general, para álamos y sauces el hoyado se realiza con hoyadora o con pala cuando el material de propagación es el barbado; cuando se emplean estacas la plantación puede efectuarse con barreta común o con barreta hidráulica. Cuando se usan plantines en tubo o contenedor, la plantación de las cortinas se realiza de forma manual con el auxilio de diferentes herramientas como la pala común, pala barreta, bastón plantador, tubo plantador o saracué.

El lector encontrará una descripción más detallada de las alternativas de preparación del terreno, marcación y las técnicas de plantación en el capítulo 3 del libro cátedra “Plantaciones forestales en Argentina” (Galarco y Ramilo Ed, 2020).

Época de plantación

La época de plantación varía entre las regiones y con las especies utilizadas. En Salicáceas, la plantación se realiza preferentemente a fin del invierno, con variaciones en la fecha según la latitud, la evolución de las temperaturas, la magnitud de la obra de forestación y la época de brotación de los diversos clones. En *Casuarina spp.* la plantación es también en el invierno, pudiéndose extender a la primavera.

En el caso de los eucaliptos, género que se cultiva en nuestro país en regiones de climas templados y cálidos seleccionando adecuadamente las especies, la época de plantación es frecuentemente la primavera debido a que son en su mayoría sensibles a las heladas. No obstante, algunas especies tolerantes al frío como *E. viminalis*, *E. benthamii* y *E. dunnii* (esta última solo parcialmente tolerante) pueden plantarse con bajo riesgo al final del verano e inicio del otoño, una vez finalizado el período de fuertes calores estivales.

En pinos la época de plantación se extiende desde el otoño hasta la primavera cuando se emplean plantas en contenedor, sin embargo, algunas especies del género pueden ser susceptibles a temperaturas muy bajas, por lo cual se evita su plantación en los meses de heladas más severas. Por otro lado, en Patagonia la plantación de pinos durante el otoño e invierno puede verse afectada en la práctica por condiciones de suelo congelado o por la acumulación de nieve que dificulta las labores, en razón de lo cual la época más propicia es el final del verano o la primavera.

En la región húmeda del NOA, la época de plantación está definida por el régimen de lluvias que es de tipo estival con estación seca marcada en el invierno, lo que obliga a plantar entre diciembre y fines de febrero.

Para profundizar en el tema de épocas de plantación para las diversas especies en las diferentes regiones del país recomendamos al lector remitirse a los capítulos 4 al 9 del libro cátedra “Plantaciones forestales en Argentina” (Galarco y Ramilo Ed, 2020).

Cuidados culturales

En las cortinas más que en ningún otro sistema de plantación es de fundamental importancia lograr la más alta sobrevivencia y la pronta instalación de las plantas en el terreno. Ello involucra un esmerado **control de plagas**, especialmente de hormigas cortadoras y de liebres, las primeras a través recorridas, marcación a campo de hormigueros y su control antes y después de plantar; las segundas mediante el uso de productos de acción lebrífuga o colocando protecciones individuales a las plantas que garanticen su resguardo del ramoneo de estos roedores.

El **riego** periódico durante los primeros meses hasta lograr el establecimiento de una cortina es una práctica deseable y plenamente justificada, al igual que la realización de riegos en etapas posteriores ante condiciones de sequías extraordinarias que puedan comprometer la sobrevivencia de las plantas. Los sistemas utilizados abarcan el riego gravitacional característico en las zonas de regadío, la instalación de sistemas por goteo y, como alternativa más asequible en regiones de secano, el riego manual con el auxilio de acoplados cisterna de arrastre.

Vinculado al riego y cuando en material de propagación empleado es planta en contenedor o con cepellón, es una práctica de adopción creciente el uso de geles de poliacrilato (denominados hidrogeles) al momento de plantar con el objetivo de mejorar la retención de humedad en la zona de raíces.

La **reposición de fallas** es crucial en la instalación de cortinas cortavientos. Al explicar el funcionamiento de las cortinas al inicio del capítulo, advertimos el efecto que provoca la existencia de brechas o huecos en la cortina sobre el flujo del aire y como ello afecta la protección que esta brinda. Es por esa razón que han de realizarse los esfuerzos necesarios para lograr un prendimiento de plantas lo más próximo al 100% como sea posible. Ello incluye efectuar todas las reposiciones de plantas muertas, enfermas, anormales y débiles que sean necesarias durante los primeros años del establecimiento de la cortina.

Aunque la **fertilización de arranque** no es una práctica generalizada en la realización de cortinas, ha resultado beneficiosa en plantaciones en macizo en eucaliptos y álamos (Larocca et al., 2004; Aparicio et al., 2005; Achinelli et al., 2003) especialmente en aquellos sitios en donde el suministro de nutrientes es deficitario en relación a la demanda nutricional las especies en su fase inicial de cultivo. Tal práctica, junto con un adecuado **control de malezas** podría contribuir a un rápido establecimiento de las cortinas en el terreno mediante un crecimiento inicial más vigoroso. Referiremos al lector al capítulo 3 del libro cátedra “Plantaciones forestales en Argentina” donde se describen las alternativas para el control de malezas y para la fertilización de plantaciones.

Aprovechamiento industrial de cortinas

En algunas regiones de Argentina las cortinas rompevientos representan una alta proporción del recurso forestal aprovechable para las industrias locales, como por ejemplo los oasis

de riego en zonas áridas y semiáridas, o en amplias zonas de la región pampeana. Dependiendo de las especies utilizadas y de la aptitud tecnológica de sus maderas, las cortinas son aprovechadas de forma regular para proporcionar materia prima para debobinado, aserrío (para la obtención de diversos productos finales), carpintería rural, postes, energía y en algunos casos madera para triturado destinada a la fabricación de tableros o pasta celulósica.

Por los bajos volúmenes relativos en comparación con plantaciones en macizo y las particularidades del entorno en que están emplazadas, el aprovechamiento de las cortinas se realiza por medios simples y de forma semi-mecanizada, con apeo, corta y trozado mediante motosierra; la extracción de los rollos se efectúa de forma manual, empleando animales de tiro (caballos, bueyes) o con auxilio de carros o acoplados traccionados por tractores agrícolas. Posteriormente, el flete de la madera en rollo a aserraderos, impregnadoras, fábricas de tableros u otras industrias se realiza principalmente por camión.

Las cortinas y los mecanismos de fomento a las plantaciones forestales

El sistema de plantación en cortina se encuentra contemplado dentro de las medidas de fomento a la actividad forestal vigentes. En relación al tema de fomento forestal en Argentina en general, recomendamos al lector remitirse al capítulo 10 del libro cátedra “Plantaciones forestales en Argentina” elaborado por Stevani (2020).

Actualmente y de acuerdo a la última resolución de costos en el marco de la ley nacional 25.080 y sus prórrogas, vigente al momento de redactar el presente capítulo, la plantación de cortinas forestales está promocionada dentro de AENRs (aportes económicos no reintegrables). Se considerará el costo de la densidad mínima de plantación por zona y especie, excepto en el caso de las zonas bajo riego (que se tomará la densidad máxima); y a los efectos de calcular la superficie se tendrá en cuenta la cantidad de plantas de las densidades citadas como equivalentes a una hectárea (1 ha).

A nivel provincial existen distintos mecanismos de promoción que incluyen a las cortinas forestales. Como ejemplo se describe brevemente el caso de la provincia de Buenos Aires que, a través del Plan de Incentivos a la Actividad Forestal, entrega en forma gratuita material de propagación forestal para realizar forestaciones en predios rurales, incluyendo a las cortinas. Lo propio sucede con la exención del impuesto inmobiliario, que incluye dentro del beneficio a estos sistemas de plantación.

Estudios de caso en cortinas forestales en Argentina

Cortinas en los oasis de riego de Norpatagonia

La zona de riego del Comahue, en la Norpatagonia, comprende los oasis de riego de Alto Valle del río Negro y del río Neuquén. La introducción del álamo en sistemas de plantación en cortinas junto a las acequias de riego tiene su origen en la necesidad de atenuar las severas condiciones climáticas de sequedad y viento predominantes en esta región. En el período com-

prendido entre septiembre y diciembre se registra la mayor frecuencia de vientos con velocidades superiores a 20 km/h, con ráfagas que alcanzan los 80 km/h (Rodríguez et al., 2014) y constituye la principal adversidad para el desarrollo de producciones agrícolas en general y la fruticultura en particular, ya que provoca desecación y daños mecánicos que afectan el desarrollo del cultivo y la calidad de lo producido.

Entre los efectos positivos de las cortinas sobre los montes frutales de pepita y carozo, Merlo citado por Serventi (2011) y Tassara et al. (2008) señalan los siguientes:

- Atenúan el rameado y asoleado de la fruta.
- Ejercen un efecto protector durante las heladas primaverales, al modificar el microclima diurno y nocturno y, en consecuencia, disminuir su intensidad.
- Moderan las situaciones de estrés fisiológico de las plantas por acción del viento, propiciando condiciones de microclima favorables al desarrollo de los frutales y su sanidad.
- Regulan la temperatura dentro del monte frutal, atenuando la incidencia de dos plagas importantes en la fruticultura regional como *Grapholita molesta* “Carpocapsa” y *Tetranychus sp.* “Arañuela”, cuyo potencial biótico aumenta en ausencia de cortinas.

En relación a la acción mecánica del viento en la calidad de la fruta, Rodríguez et al. (2014) estudiaron el efecto protector de cortinas de álamo sobre el rameado de frutos de pera variedad Williams (*Pyrus communis* L. cv. Bartlett) hallando que con vientos fuertes una cortina forestal adecuada disminuye hasta un 20% la proporción de frutos dañados y otorga una protección significativa hasta aproximadamente 5H de distancia. Otras producciones que se benefician del efecto protector de las cortinas incluyen pasturas, cultivos anuales y animales de cría, como también infraestructura de invernáculos, galpones y viviendas.

El cultivo de álamos en los valles de los ríos Negro y Neuquén data de fines del siglo XIX. Los primeros álamos introducidos a la región por misioneros y colonos fueron los álamos negros *Populus nigra* cv. *italica* (álamo criollo) y *P. nigra* cv. *thayssiana* (álamo chileno) (García, 2002; Serventi, 2011). Ambos son de porte fastigiado, con ramas cortas y adpresas al fuste, muy adecuados para su utilización en cortinas a lo largo de acequias y canales de la red de riego, razón por la cual aún persisten en cultivo. Diversos clones fueron probados y cultivados a lo largo de los años, como el álamo Bolleana (*P. alba* cv. *pyramidalis* ‘Bolleana’) de mayor adaptación a suelos más pesados y salinos, diversos clones de *P. x euroamericana* introducidos desde Italia (I-214, I-455, I-488, I-205, I-262, I-154) de los cuales el I-214 y el I-455 son los más difundidos en la región (SSDFI-Minagro, 2017) y más recientemente selecciones de *Populus nigra* introducidas como cv ‘Jean Pourtet’ que es el clon de uso preponderante, cv. ‘Sehuil’, cv. ‘Narduze’ y cv. ‘Vert de Garonne’ y otras seleccionadas localmente como ‘Conti 12’ y cv. ‘Guardi’.

La técnica de plantación predominante es el hincado de estacas (García, 2011) de 25 a 30 cm cuando se plantan junto a las acequias; también se emplean barbados R1/T1. La distancia de plantación depende del clon, variando de 1,2 a 2 m entre plantas en cortinas de una sola hilera. Cuando se utilizan álamos de porte fastigiado (*P. nigra* cv *italica*, cv *thayssiana* o *P. alba* ‘Bolleana’) se plantan en doble hilera, con distanciamientos de 1,2 a 1,5 m entre plantas y 2,5 a 3 m entre hileras (Tassara et al., 2008).

Figura 31. Cortinas de álamo híbrido (*P. x euroamericana*)

Protegiendo producciones de Pera (izq.) y Vid (der.). Alto Valle del río Negro. Fuente: Ing. Esteban Thomas, EEA Alto Valle.

La madera del álamo de cortinas se destina tradicionalmente a la fabricación de envases y embalajes frutihortícolas, pero al ser la única madera localmente disponible en estas regiones, ha ocupado un rol creciente en la construcción y en carpintería para la confección de diferentes productos como bastidores para puertas placas, placares, muebles de baño y cocina, taparrollos, alfajías, molduras, anaqueles y machimbre para distintos usos interiores, entre otros. Según el último inventario forestal regional (SSDFI-MinAgro, 2017) las cortinas en los valles irrigados de la Patagonia totalizan 11.323 km, con un volumen promedio de $0,513 \pm 0,042 \text{ m}^3$ por metro lineal de cortina y una producción potencial de 262 trozas de álamo de 8 pies (2,44 m) de largo por cada 100 metros lineales de cortina. Según este estudio, ordenadas de forma decreciente, las regiones con mayores existencias de cortinas son: el Valle Superior del río Negro (3.402 km de cortinas), el Valle del río Neuquén (1.550km), Valle Medio del río Negro (1.536km), Valle Inferior del río Negro (1.077 km). Sobre este recurso de cortinas y el de plantaciones en macizo operan en el Valle del río Negro unos 65 aserraderos, en su mayoría micro y pequeñas empresas (Censo Nacional de Aserraderos, SSDFI-MinAgro, 2018).

Cortinas para protección de cultivos en Patagonia Sur

En la provincia de Santa Cruz el viento es un factor climático que es limitante para las producciones agrícolas y las posibilidades de realizarlas al aire libre quedan restringidas a los valles fluviales y a pequeñas chacras en los cascos de estancias. Desde principios del siglo XX se plantaron cortinas cortaviento con especies de Salicáceas, donde los clones *Populus nigra* cv *italica*, *Populus deltoides* y *Salix fragilis* fueron los más utilizados con el propósito de proteger los cultivos agrícolas, el ganado y las estancias de los fuertes vientos (Peri et al., 1998a; Peri, 1998b) generando un microclima favorable para estas producciones.

El cultivo más importante es el de cereza y se desarrolla en los valles de Los Antiguos, en el noroeste provincial. Evaluaciones realizadas por Monelos y Peri (1998) del efecto de la presencia de la cortina y su porosidad en la producción y calidad comercial de las cerezas mostraron los beneficios de estas forestaciones. La producción total de cerezas disminuyó al aumentar la distancia a la cortina, registrándose un máximo de producción (30 kg/planta) a una distancia de 1,5 a 2 veces la altura total de la cortina (HT). En comparación, en las cortinas densas (hilera simple, 0,5 m entre plantas, porosidad óptica de menor al 15%) se observó el máximo de producción a 2 veces HT (31,5 kg/planta) mientras que las semipermeables (hilera simple, 1,3m entre plantas, porosidad 15-45%) tuvieron una producción máxima algo menor (27,2 kg/planta) a una distancia de 1,7 veces la HT. Esta diferencia podría deberse por un lado a la menor polinización por las abejas en la zona alejada de la cortina ya que los vuelos disminuyen mucho con vientos de más de 25 km/h y por otro, a daños y caídas por viento producidas en flores y frutos (Thompson, 1996; Duncan, 1950 cit. por Monelos y Peri, 1998).

Figura 32. Cortinas de *Populus nigra* cv. *italica* (álamo criollo) protegiendo un monte de cerezos en Los Antiguos, Santa Cruz.



Fuente: Ing. Pablo Peri, EEA Santa Cruz INTA.

En términos de calidad, los mejores calibres de fruta coincidieron con las máximas producciones a distancias entre 1,5 y 2 veces la HT. La fruta marcada por acción del viento (rameado) y que desmerece su calidad, fue de 3 % a 0,4 veces HT mientras que al alejarse de la cortina 4 veces HT fue del 33%, resultados que reafirman la importancia que tiene en la producción cuantitativa de fruta el diseño de los cuadros productivos de cerezas y el emplazamiento de cortinas internas.

Situación similar representa el cultivo de frutilla en Gdor. Gregores, donde las cortinas rompevientos brindan un servicio de protección a esta producción que tradicionalmente se realizaba bajo cubierta. A partir de mediados de la década de 1990, con la incorporación de nuevas variedades y ajuste de técnicas, fue posible expandir el cultivo a otras zonas de la provincia y producir también al aire libre. Debido a su clima frío, en Santa Cruz la cosecha podría realizarse en pleno verano, produciéndose una parcial contra estación con el resto del país (Cittadini et al., 1997) y la producción se destinaría también a abastecer mercados extra provinciales. Estudios realizados por Peri y colaboradores (1998a; Peri y Bloomberg, 2002) hallaron una correlación entre la producción del cultivo y la protección brindada por la cortina densa joven (hilera simple, 0,3 m entre plantas, 3m HT), observándose una disminución de los kg/ha al alejarse de la misma. La mayor producción promedio por planta (14,8 gr/planta) y el mayor rendimiento total (3.512 kg/ha) se registró a una distancia de 1,3 veces la HT. Más del 80% del fruto de los menores calibres fue obtenido a distancias de más de 4 HT para la cortina semipermeable y a 3 HT en la densa. A una distancia de 8,8 veces HT la producción fue nula y se observaron los mayores índices de mortalidad de plantas.

La polinización juega un papel fundamental en la fructificación de las plantas de frutilla y normalmente se produce a través de insectos (abejas, himenópteros silvestres o moscas de la familia de los Sírifos) o por el viento, facilitado por el pequeño tamaño del polen (16 x 25 micrones) (Folquer, 1986). En consecuencia, las cosechas más abundantes y con frutas de mejor tamaño se obtienen cuando existe un adecuado número de insectos polinizantes en el cultivo (Sangiaco, 1980), y no se ve dificultada o impedida su actividad por acción de fuertes vientos.

En contraste, en producciones de ajo bajo riego y con fertilización realizadas también en Gdor. Gregores, el efecto protector de una cortina adulta densa (doble hilera a 1m entre plantas y 1m entre hileras, 22 m de altura, 15% de porosidad) afectó significativamente la producción hasta las 8,8 veces HT. Solo se registró una menor productividad en cercanías de la cortina (0,6 H), atribuible al sombreado y la competencia ejercida por la cortina, y el lavado de nutrientes por acción del riego en surcos (Peri et al., 1998b; Peri y Bloomberg, 2002). Este resultado muestra la rusticidad natural del ajo al crecer en ambientes ventosos, a lo que se suma que el producto a comercializar crece bajo tierra y no es afectado por daños mecánicos que pueda ocasionar el viento. No obstante, como es una producción que se da en rotación con otros cultivos que son sensibles, la presencia de cortinas es clave para mejorar la producción general y para proteger el suelo de la erosión.

En la producción de tulipanes para bulbos en Gdor. Gregores y bajo protección de una cortina inerte de malla sintética, Peri y colab. (2000) registraron similar comportamiento a lo acontecido con el cultivo de ajo.

Cortinas cortavientos y sanitarias en cítricos en el litoral

En la producción cítrica mundial el daño causado por el viento y denominado 'rameado' (ingl. *rind beamish*) ha sido reconocido como la principal causa de daño abiótico en la piel del fruto (Green, 1968; Davies y Albrigo, 1994 cit. por Gravina et al., 2011), ya que afecta negati-

vamente la calidad ocasionando descartes del 20 al 50% de la producción en las plantas de empaque de fruta para consumo en fresco (Zubrzycki, 2019; Canteros y Gauna, 1995).

Históricamente, en la producción cítrica en el Noreste Argentino (N de Buenos Aires, Entre Ríos y Corrientes) la difusión del uso de cortinas rompevientos como medida de protección para mitigar efectos desfavorables provocados por el viento ha tenido limitada difusión. Entre los efectos adversos del viento en los cítricos se destacan los daños a hojas, a las flores y los frutos y que resultan en una reducción de las tasas de crecimiento y producción de las plantas, a lo que se le suma una pérdida de calidad de la fruta que la excluye de potenciales mercados de exportación.

Desde mediados de la década de 2000 y a partir del 'Programa de Certificación de Fruta Fresca Cítrica de la Región del Noreste Argentino (NEA) para exportación a la Unión Europea' implementado por el Ministerio de Agricultura de la Nación (Res. 56/2008 SAGPyA), las cortinas forestales se adoptaron de forma generalizada como una práctica recomendada para el control fitosanitario de la cancrrosis asiática de los cítricos. Esta enfermedad, cuyo agente causal es la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *Citri*, provoca lesiones en hojas, brotes y frutos, afecta la calidad externa de estos últimos y en ataques severos provoca defoliación y caída de fruta (Zubrzycki, 2019), con la consecuente merma cuali-cuantitativa de rendimiento. Las temperaturas elevadas (mayores a 20°C) combinadas con lluvias y vientos fuertes (mayores a 29 km/h) representan un elevado riesgo en la dispersión de la enfermedad en los meses más calurosos. Las cortinas rompevientos son una herramienta importante para disminuir la dispersión de la enfermedad (Valsangiacomo y Gouin, 1980; Canteros, 1995; Gottwald y Timmer, 1995; Koizumi, 1996), junto con las prácticas de pulverizaciones con cobre y la aplicación de antibióticos.

Las cortinas utilizadas son de especies de hoja perenne para brindar protección durante todo el año; otras características deseables en las especies utilizadas para este fin son comunes a las cortinas en general: rápido crecimiento, buen anclaje, troncos y ramas flexibles para soportar fuertes vientos sin romperse, buen volumen de follaje y poco competitivas con los cítricos. Entre las especies más empleadas están la casuarina (*Casuarina cunninghamiana*), los pinos (*Pinus taeda* y *P. elliotii*) y los eucaliptos rosados y blancos (*E. grandis*, *E. saligna* e híbridos, *E. dunnii*). De las tres, casuarina es la especie de mejores características por el volumen de follaje, la persistencia de las ramas basales a lo largo de todo el tronco y porque no manifiesta fuerte competencia con los cítricos. Le siguen los pinos, con *Pinus taeda* como preferida por sus ramas abundantes y extendidas que generan mayor volumen de copa que en *P. elliotii*. Los eucaliptos tienen la ventaja de su rápido crecimiento brindando protección rápidamente, sin embargo, con la edad, ocurre un desrame natural de la parte inferior de las plantas que merma sus cualidades como cortina, además de ser especies que compiten fuertemente con los cultivos por la humedad edáfica.

Figura 33. Cortinas protegiendo cítricos.



(Izq.) Cortina interna de *Casuarina spp.* de doble hilera plantada a tresbolillo a 4 m entre hileras y 3 m entre plantas. (Der.) Cortina interna de *Pino elliotti* también de doble hilera, plantada a 2 m entre plantas y 4 m entre hileras. Fuente: Curso de introducción a la Dasonomía FCAYF – UNLP

En virtud a las citadas características, los eucaliptos se utilizan en las cortinas perimetrales de los predios, asociándolos con casuarinas o pinos en cortinas de 2 o 3 hileras; el eucalipto como especie de mayor altura se ubica del lado del cultivo y la/s otra especie (casuarina o pino) ocupa el lado externo enfrentando el viento. La plantación es a tresbolillo, con un distanciamiento de 4 – 5m entre filas y de 2 - 3m entre plantas dentro de la fila dependiendo de las especies seleccionadas (Zubrzycki, 2019). En el interior y separando los lotes, se instalan las cortinas internas para las que se utiliza casuarina o pino por su menor competencia con los cítricos, dispuestas en doble hilera y con un espaciamento de 2 – 3 m entre plantas. La división de las plantaciones en lotes cuyo tamaño no debería exceder las 4 has es un requisito para el control de la cancrrosis de los cítricos.

Referencias

- Achinelli F.; Baridón E.; Prada E.; Francisco M.; Aparicio A.; Marlats R. (2003). Fertilización de arranque en plantaciones de álamos (*Populus spp.*) de la pampa húmeda Argentina. Informaciones Agronómicas del Cono Sur N° 20 pp. 1-10.
- Amico I. (2002). Viverización y cultivo de álamos y sauces. EEA Esquel. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 48 pp.
- Aparicio J.L.; Larocca F., Dalla Tea F. (2005). Silvicultura de establecimiento de *Eucalyptus grandis*. IDIA XXI N° 8. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 66-69.

- Arias R.A.; Mader T.L.; Escobara P.C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de Medicina Veterinaria N°40. Pp. 7-22. Universidad Austral de Chile.
- Bates C.G (1945). Shelterbelt Influences: II. The Value of Shelterbelts in House-Heating. Journal of Forestry 43(3). pp. 176–196.
- Bentrup G.; Francis C.A. (2001). Ecobelts: Reconnecting agriculture and communities. En Interction between agroecosystems and rural communities. Cornelia Flora Ed. CRC Press. pp. 239 – 259.
- Bentrup G.; Hopwood J.; Lee Adamson N.; Vaughan M. (2019). Temperate Agroforestry Systems and Insect Pollinators: A Review. Forests 2019, 10, 981. 20 pp.
- Borodowski E.D. (2017). Situación actual del cultivo y uso de las Salicáceas en Argentina. Actas V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, Chile. 20 pp.
- Brandle J.R.; Hodges L.; Zhou X.H. (2004). Windbreaks in North American Agricultural Systems. Agroforestry Systems N° 61. pp. 65-78.
- Burgos J.J. (1963). Las heladas en la Argentina. Colección Científica INTA. 388 pp.
- Calderon A.D. (2006). Silvicultura y situación de los álamos en Cuyo. Disertación Jornadas de Salicáceas 2006. Buenos Aires. 9 pp.
- Canteros B.I.; Gauna P. (1995). Causas de descarte en plantas de empaque de citrus. Citrus 26:28. Min. Ganadería, Agricultura y Pesca, Uruguay.
- Caretta A.; Ortega A.; Ortiz A. (2004). Probabilidades de daño por viento zonda en la floración de frutales, vid y olivos en Mendoza, Argentina. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVI. N° 2. Año 2004. 49-58.
- Carreck N.L.; Williams I.H.; Little D.J. (1997). The movement of honey bee colonies for crop pollination and honey production by beekeepers in Great Britain. Bee World 78(2):67–77.
- Cecen S.; Gurel F.; Karaca A. (2008). Impact of honey bee and bumblebee pollination on alfalfa seed yield. Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science 58:77–81.
- Cittadini E., Espina H., Leyenda R., Meana J., Peri P., Romano G. (1997). Frutilla: Ensayo comparativo de variedades. Informe técnico. EEA Santa Cruz. 9 pp.
- Cleugh H.A.; Miller J.M.; Böhm M. (1998). Direct mechanical effects of wind on crops. Agroforestry Systems 41, 85–112.
- Davel M.M. y colab. (2020). Cortinas Forestales de Álamos y Sauces en el Valle Superior del Río Chubut. Manual N° 12. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. 86 pp.
- Davies F.S.; Albrigo L.G. (1994). Citrus. C.A.B. International. Florida. USA. 254p.
- De Fina A.L.; Ravelo A.C. (1985). Climatología y fenología agrícolas. Ed. EUDEBA. Buenos Aires. 351 pp.
- Duncan D.P. (1950). Tree Windbreaks for the Orchard. En Van Eimern J. Windbreaks and Shelterbelts. World Meteorological Organization, Génova, Italia.
- Ferber A.E. (1974). Windbreaks for conservation. Agriculture Bulletin No. 339. USDA Soil Conservation Service. 30 pp.

- Folquer F. (1986). La frutilla o fresa. Estudio de la planta y su producción comercial. Ed. Hemisferio Sur. 150 pp.
- García J.D. (2002). Forestación con Salicáceas en áreas bajo riego en Patagonia. Núcleo forestal Patagonia norte. Proyecto Forestal de Desarrollo en el marco del convenio SAGPyA – BIRF. 36 pp.
- García J.D. (2013). El rol de las cortinas cortavientos en Patagonia: la experiencia de los Valles Irrigados de Norpatagonia. Actas 2º Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. Calafate, Santa Cruz. Argentina.
- García J.D.; Serventi N. (2006). Situación actual y perspectivas del cultivo de Salicáceas bajo riego en Patagonia. Actas Jornadas de Salicáceas 2006. Buenos Aires. 4 pp.
- Gardiner B.; Berry P., Moulia B. (2016). Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. Plant Science N° 245. pp. 94 – 118.
- Goor A.; Barney C. W. (1976). Forest tree planting in arid zones. Second Edition. Roland Press Company. pp. 301-314.
- Gottwald T.R; Timmer L.W. (1995). The efficacy of windbreaks in reducing the spread of citrus canker caused by *Xanthomonas campestris* pv *citri*. Trop. Agric. (Trinidad). Vol. 72, N° 3 pp. 194-201
- Gravina A. y colab. (2011). El rameado en frutos cítricos. Estudio de sus causas y desarrollo de tecnologías de control. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. 24 pp.
- Green G.C. (1968). Windbreaks for citrus orchards. Farming in South Africa. Vol. 44, N° 6: 9-15. Citrus and Subtropical Fruit Research Institute. Sudáfrica.
- Gregory N.G. (1995). The role of shelterbelts in protecting livestock: A review. New Zealand Journal of Agricultural Research, 38:4. pp. 423-450.
- Guan D.; Zhang Y.; Zhu T. (2003). A wind-tunnel study of windbreak drag. Agricultural and forest meteorology 118:1-2. pp. 75–84.
- Heisler G.M.; Herrington L.P. (1976). Selection of trees for modifying metropolitan climate. En Better trees for metropolitan landscapes Symposium proceedings. USDA Forest Service Technical Report NE 22. pp. 31 – 37.
- Helmers G.A.; Brandle J.R. (2002). Optimum Windbreak Spacing In Great Plains Agriculture. Western Journal of Agricultural Economics. December 2002. 13 pp.
- Koizumi M. (1996). Dispersión of citrus canker bacteria in droplets and prevention with windbreaks. Proc. Int. Soc.Citriculture Vol.1:340-344.
- Kort J. (1988). Benefits of windbreaks to field and forage crops. Agric. Ecosyst. Environ. 22/23 pp. 165–190.
- Lampartova I.; Shneider J.; Vyskot I.; Rajnoch M.; Litschmann T. (2015). Impact of protective shelterbelts on microclimate characteristics. Ekológia Bratislava Vol 34. N° 2 pp, 101 – 110.
- Larocca F.; Dalla Tea F.; Aparicio J. (2004). Técnicas de implantación y manejo de *Eucalyptus grandis* para pequeños y medianos forestadores en Entre Ríos y Corriente. Actas XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. 16 pp.

- Liu Y.; Harris D.J. (2008). Effects of shelterbelt trees on reducing heating-energy consumption of office buildings in Scotland. *Applied Energy* (2-3):115-127.
- Loeffler A.E.; Gordon A.M.; Gillespie T J. (1992). Optical porosity and windspeed reduction by coniferous windbreaks in southern Ontario. *Agroforestry Systems*, 17:2. pp. 119–133.
- Mader T.L.; Dahlquist J.M.; Gaughan J.B. (1997). Wind protection effects and airflow patterns in outside feedlots. *Journal of Animal Science* 75. pp. 26-36.
- Mader T.L.; Dahlquist J.M.; Hahn G.L.; Gaughan J.B. (1999). Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science* 77: pp. 2065-2072.
- Mc Gregor S.E. (1976). Insect Pollination of cultivated crop plants. Agriculture Handbook No. 496. Agriculture Research Service. USDA. 411 pp.
- Mize C.; Brandle J.R.; Shoeneberger M.; Bentrup G. (2008). Ecological Development and Function of Shelterbelts in Temperate North America. National Agroforestry Center. USDA Forest Service – University of Nebraska. 28 pp.
- Monelos L., Peri P. (1998b). Efectos de las cortinas forestales en la producción de cerezas (*Prunus avium* var. Fern) en Los Antiguos, Santa Cruz. Actas 1º Congreso Latinoamericano IUFRO. Valdivia, Chile. 11 pp.
- Morris C.; Klopfenstein T.J.; Brandle J.R.; Stock R.; Shain D.; Klemesrud M. (1996). Winter calf grazing and field windbreaks. Nebraska Beef Cattle Reports. Paper 484. University of Nebraska. 4 pp.
- NRCS (2006). Conservation Practices that Save: Windbreaks/Shelterbelts. USDA Technical leaflet. 2 pp.
- Oberschelp J.G.; Harrand L.; Mastrandrea C.; Salto C.; Florez M. (2020). Cortinas forestales: rompevientos y amortiguadoras de deriva de agroquímicos. EEA Concordia. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ediciones INTA. Buenos Aires. 13 pp.
- Ong C.K.; Huxley P. (1996). Tree–crop interactions - A physiological approach. CABI., Wallingford, UK. 416 pp.
- Peri P. (1997). Efectos de parámetros estructurales de cortinas forestales en la reducción del viento en la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Quebracho* 6: 16 – 26.
- Peri P. (2003). Cortinas forestales cortavientos. Boletín sobre Producción forestal. Carpeta de Información Técnica EEA Esquel. INTA. 4pp.
- Peri P.; Bloomberg M. (2002). Windbreaks in south Patagonia, Argentina: A review on growth models, windspeed reduction and effects on crops. *Agroforestry systems* N° 56. pp. 129-144.
- Peri P.; Cittadini E.; Espina H.; Romano G. (1998a). Incidencia del efecto protector de cortinas forestales en la producción de frutilla variedad Fern en Santa Cruz, Argentina. Actas 1º Congreso Latinoamericano IUFRO. Valdivia, Chile. 11 pp.
- Peri P.; Cittadini E.; Romano G. (1998b). Efecto de cortinas cortavientos sobre la producción de ajo violeta en la provincia de Santa Cruz, Argentina. 1º Congreso Nacional de profesionales de Cambio Rural. INTA-SAGPyA. 6 pp.

- Peri P.; Cittadini E.; Romano G.; Fernandez Clark M.E. (2000). Efecto de cortinas cortaviento sobre la producción y calidad de bulbos de tulipanes en Patagonia Sur. 23° Congreso Argentino y X Congreso Latinoamericano de Horticultura. Mendoza. 5 pp.
- Quam V.; Johnson L.; Wight B.; Brandle J.R. (1994). Windbreaks for Livestock Operations. Papers in Natural Resources 123. University of Nebraska – Lincoln. University of Nebraska. 6 pp.
- Read R.A. (1964). Tree windbreaks for the great central plains. Agricultural Handbook N° 250. USDA Forest Service. 69 pp.
- Requena A. (2006). ¿Hasta donde llegan las raíces de los álamos usados en cortinas de protección? Fruticultura y Diversificación N° 48. EEA Alto Valle. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 6-7.
- Rodríguez, A.; Thomas, E.; Cancio, H.; Menni, F. (2014). Evaluación de tecnologías alternativas de manejo para disminuir los daños causados por el viento en frutos de pera cv. Williams, en el alto valle de río negro, argentina. Revista RIA Vol 4. N°2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 208-212.
- SAGPyA (1999). Argentina. Oportunidades de inversión en bosques cultivados. Proyecto Forestal de Desarrollo. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. 209 pp.
- Salimbeni J.L. (1980). Cortinas rompevientos en el Valle Bonaerense del río Colorado. Serie Técnica N° 53. CORFO Río Colorado. Min. de Economía de la Provincia de Buenos Aires. 46 pp. y anexos.
- Sangiacomo M.A. (1980). La Frutilla. INTA Estación Experimental Regional Agropecuaria San Carlos de Bariloche. 62 pp.
- Serventi N. (2011). Las cortinas forestales en los valles irrigados de la Norpatagonia. Actas 3° Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Ciudad de Neuquén. 23 pp.
- Shoukat F.; Mujahid M. (2020). Effects of wind speed on foraging behavior of insect pollinators. Department of Entomology, MNS- University of Agriculture, Multan, Punjab, Pakistan. En Weekly Techonology Times (www.technologytimes.pk/2020/04/14/insect-pollinators-windspeed-foraging-behavior/ consultado 20/04/2020).
- Simpson C.G. (1906). The Beaufort Scale of Wind-Force. Report of the Director of the Meteorological Office. London Meteorological Office.
- Smith H. (2016). Wind chill. Providing windbreaks for cattle reduces stress in the herd. Hereford World Magazine - October 2016. American Hereford Association. pp. 68 – 70.
- SSDFI-Minagro (2017). Inventario de Cortinas y Macizos bajo riego en Patagonia. Subsecretaría de Desarrollo Forestoindustrial. Ministerio de Agroindustria de la Nación. 85 pp.
- SSDFI-Minagro (2018). Informe nacional del relevamiento censal de aserraderos 2015. Subsecretaría de Desarrollo Forestoindustrial. Ministerio de Agroindustria de la Nación. 94 pp.
- Stevani R.A. (2020). Promoción a la actividad forestal. En Plantaciones forestales en Argentina: Fundamentos técnicos y metodologías para la realización de forestaciones en diferentes regiones. Coord. Sebastial Galarco; Diego Ramilo. Colección libros cátedra EDULP. pp. 352-372. (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/101543>).

- Stoeckeler J.H. (1962). Shelterbelt Influence on Great Plains Field Environment and Crops. USDA Forest Service, Production Research Project No. 62. 26 pp.
- Stredova H.; Podhrazska J.; Litschmann T.; Streda T.; Roznovsky J. (2012). Aerodynamic parameters of windbreak based on its optical porosity. *Contributions to Geophysics and Geodesy* Vol. 42/3. pp. 213–226.
- Sudmeyer R.A.; Scott P.R. (2002). Characterisation of a windbreak system on the south coast of western Australia. Microclimate and wind erosion. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42:6. pp. 703–715.
- Tassara M.; Thomas E.; Rodriguez A. (2008). Barreras rompevientos: su importancia en los valles de Norpatagonia y las variedades de álamos más utilizadas como cortina natural. *Fruticultura y Diversificación* N° 57. EEA Alto Valle. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp. 32-37.
- Thomas E. (2014). Barreras rompevientos con álamos y sauces. Comunicación técnica EEA Alto Valle. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 5 pp.
- Thompson M. (1996). *Cherries: Crop Physiology, Production and Uses*. Ch.8: Flowering, Pollination and Fruit Set. CAB International. pp. 223-241.
- Tolone G. (1986). Cartilla de divulgación sobre cortinas forestales rompevientos para productores del valle de Santa María, Provincia de Catamarca. Consejo Federal de Inversiones. 15 pp.
- Valsangiácomo F.J.; Gouin L.H. (1980). Control integrado de la cancrrosis tipo A de los Cítrus. Importancia de las cortinas rompevientos. II Congreso Nacional de Citricultura. Concordia, Entre Ríos. Tomo 2. pp. 58-61.
- Van Eimern J.; Karshon R.; Razumova L.A.; Robertson G.W. (1964). Windbreaks and Shelterbelts. World Meteorological Organization. Technical Note N° 59.
- Vigiak O.; Sterk G.; Warren A.; Lawrence J.; Hagen L.J. (2003). Spatial modeling of wind speed around windbreaks. *CATENA* N° 52. pp. 273-288.
- Wan M.; Pan C.; Wang M.; Jin Y. (2005). Application of the digitized measurement on windbreak porosity of farmland shelter–forests. *Arid Land Geography* N° 28 Vol. 1, pp. 120–123.
- Wight B.; Straight R. (2015). Windbreaks. En *Training Manual for Applied Agroforestry Practices 2015 Edition*. Center for Agroforestry, University of Missouri. USA. pp. 92-113.
- Zhu J.J. (2008). Wind Shelterbelts. En Sven Erik Jørgensen and Brian D. Fath, *Ecosystems*. Vol.5 of *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier. Oxford. pp. 3803-3812.
- Zubrzycki H.M. (2019). Cortinas rompeviento para el manejo de la cancrrosis de los cítricos. Serie Técnica N° 76. EEA Bella Vista. INTA. 31 pp.

CAPÍTULO 5

Montes de reparo para ganado

Raúl Alberto Stevani

Definiciones

Los **montes de reparo** para ganado son plantaciones forestales en forma de macizo, que brindan protección a todo tipo de ganados, instalaciones o construcciones (mangas, bretes, corrales, galpones de producción avícola, conejeras, potrerros, etc.), ante fenómenos climáticos adversos.

Los de mayor difusión son los **montes de sombra y abrigo** para el ganado.

Es probable que los de mayor difusión sean los montes de sombra, debido a que es relativamente fácil apreciar y cuantificar los efectos perjudiciales de las altas temperaturas sobre todo tipo de ganados. Sin embargo, brindarles reparos contra el frío y el viento también es una cuestión importante que, con prácticas de manejo correctas, puede brindar enormes ventajas productivas

Otra definición es la de **cuadro de sombra**, definido como una plantación de árboles forestales con estas características: forma variable entre cuadrado, rectángulo y triángulo; de superficie reducida y con el objetivo principal de suministrar sombra al ganado en épocas de temperaturas altas; integrada por árboles implantados a distancias que les permitan desarrollar su copa (Tuset, 2009).

Clasificación

Dentro de la clasificación de Sistemas Agro forestales, en función de su estructura en el espacio y en el tiempo, los *Montes de reparo* pertenecen a los SAF Simultáneos; en cuanto a su función y estructura, pertenecen a Sistemas Silvopastoriles (ver Clasificación Capítulo 2).

Importancia

Las prácticas vinculadas con el bienestar animal han ganado mucho terreno en los últimos años, según Martínez Luque (2018):

“En la medida que el ambiente se vuelve desfavorable, el organismo del animal se tiene que adaptar. Este cambio implica respuestas fisiológicas que pueden llevar a causar estrés y pérdidas cuantificables en la producción, o incluso una caída inmunológica en el animal, que podría estar más propenso a sufrir infecciones...la falta de bienestar es un factor de pérdidas económicas, principalmente por tres grandes causas: afecta la producción de leche y su calidad, tiene influencia negativa en la fertilidad de las vacas y es motivo de inmunosupresión, aumentando el número de enfermedades y su gravedad”.

Entre las prácticas vinculadas con el bienestar animal podemos identificar la comida, el agua, las estructuras, la sanidad, el manejo y el clima. En el presente capítulo trataremos de analizar un conjunto de ellas, centrándonos en los problemas que causa el clima, pero abordando recomendaciones que integran al conjunto de las prácticas de bienestar animal.

El clima

El desempeño productivo del ganado bovino de leche y carne es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los que en su conjunto afectan el balance térmico. La producción animal en los sistemas a campo resulta influenciada por el clima. Teniendo en cuenta las múltiples situaciones que puedan presentarse, es necesario realizar protecciones con el fin de brindarle mayor confort al ganado, asegurando así que no habrá pérdidas de producción.

Normalmente, la presencia de montes o cuadros de sombra y abrigo para la hacienda, en función de una vasta cantidad de experiencias, aseguran beneficios extras en los rendimientos, ya sea obteniendo ganancias en kilogramos de carne o de leche y, en otros casos, disminuyendo la mortandad en ganados jóvenes. Por el contrario, son bien conocidos los efectos perjudiciales sobre la producción que ocasionan temporales con temperaturas extremas y otros factores climáticos sobre todo tipo de ganado.

Las temperaturas: afectación

Si bien todo tipo de ganado vacuno sufre afectación por altas temperaturas, la inmensa mayoría de los estudios al respecto están formulados sobre ganado vacuno lechero. Esto se debe a varias razones, pero principalmente por su producción diaria, la facilidad de contar con esos registros y el tipo de trabajo intensivo que se realiza con ellos.

Respecto a las bajas temperaturas también el ganado sufre afectación y las regulaciones o control de esas temperaturas es de mayor dificultad.

Todo ganado tiene una zona de neutralidad en su tolerancia a las temperaturas sin que se afecten sus variables productivas, es decir una zona óptima de temperaturas sin que resulten

afectados. Esta se sitúa entre 5°C y 21°C de temperatura ambiente, con humedad relativa de 50% y velocidad del viento de 5 a 8 km/h. Por encima de estos registros, en cuanto a T° y llegando a los 27°C/30°C, la situación comienza a complicarse y por encima de 30°C pasa a ser crítica, afectando diversos procesos metabólicos, produciéndose el *estrés calórico*.

Por debajo de los 5°C, comienzan los problemas y superando el 0°C hasta -5°C la temperatura se torna muy crítica, obligando a los animales a invertir energía productiva en el mantenimiento de su temperatura corporal, o sea generando *estrés por frío*.

Los bovinos al igual que el resto de los mamíferos son animales homeotermos, es decir poseen varios mecanismos fisiológicos para mantener su temperatura corporal constante. Ella se mantiene en un rango entre 38.4°C y 39.0°C. Cualquier alteración de la condición ambiente (temperatura, humedad relativa) produce algún trastorno metabólico.

Estrés calórico

El comportamiento productivo y reproductivo, principalmente del ganado lechero disminuye considerablemente cuando se encuentra bajo condiciones de altas temperaturas y humedad relativa. Los factores ambientales sumados a la producción de calor metabólico animal, reducen la capacidad de eliminar el calor corporal lo que se conoce como estrés calórico.

... “Las vacas mantienen su homeotermia mediante el intercambio continuo de calor con el medio ambiente. Este flujo de calor desde la vaca hacia el medio depende de la temperatura (T°) y de la humedad ambiente (H°) y se realiza por cinco mecanismos fisiológicos: conducción, convección y radiación (influidos por la T°) y transpiración y jadeo (dependen de la H°)” ... “Cuando el medio ambiente que rodea al animal se caracteriza por tener T° y H° altas, el flujo de calor de la vaca al medio ambiente se reduce o se invierte y el animal pasa de un estado de homeotermia a un estado de hipertermia. Como respuesta a este estado de hipertermia, el animal responde con una serie de mecanismos fisiológicos para tratar de mantener su T° corporal dentro del rango normal. La reducción de las actividades que le generan calor al animal (ingesta de alimentos, producción de leche y actividad física) son las primeras actividades fisiológicas que el animal disminuye con intención de alcanzar nuevamente el estado de homeotermia. Concomitantemente se produce una vasodilatación subcutánea para incrementar el flujo sanguíneo a la piel del animal con el objetivo de aumentar el flujo de calor al medio ambiente y como consecuencia se produce una disminución del flujo sanguíneo al tracto gastrointestinal, al útero y a la glándula mamaria. El animal también incrementa la transpiración, el jadeo y las respiraciones por minuto con el fin de aumentar la pérdida de calor mediante la evaporación del agua” (de la Sota, Luzbel, 1996) ...

Si bien todo tipo de ganado resulta afectado, los individuos de mayor producción resultan aún más; en ese sentido son marcadamente diferentes las consecuencias que sufre un ganado lechero en máxima producción frente a una vaquillona de primera parición. Asimismo, en un animal de gran producción en los primeros sesenta (60) días de la lactancia es cuando sufren más inconvenientes. También existen diferencias resultando más afectado si se trata de ganado Holando que en Jersey. En el ganado Holstein americano de alta producción (+de 24lt/día) el rendimiento de leche puede disminuir hasta un 25%. Otro aspecto negativo, debido a trastornos digestivos y metabólicos, es que puede alterarse la composición química de la leche con disminución del contenido proteico (Gallardo y Valtorta, 2000).

Un estudio poblacional realizado por INTA Rafaela (Zehnder R; Quaino O y Orosco D., 2001) en la cuenca lechera central (Santa Fe – Córdoba) utilizando registros de producción de leche de empresas tamberas permitieron definir mermas diarias atribuidas al efecto “estrés calórico” que variaron entre un 3 a un 10%.

La respuesta de la vaca al estrés calórico se manifiesta clínicamente por una reducción drástica en el consumo, la rumiación y por incremento en el consumo de agua, temperatura rectal y en la frecuencia respiratoria (una vaca en condiciones normales respira entre 35-40 veces por minuto, sin embargo sometida a condiciones de estrés calórico puede llegar a respirar 100-120 veces/minuto). Los efectos del estrés calórico en la producción de leche son muy agudos, lo mismo que en aspectos reproductivos, que suelen ser crónicos y se manifiestan en cambios en las concentraciones plasmáticas de estrógenos, progesterona, cortisol y LH. También trae como consecuencias la disminución de la duración y expresión del celo, la disminución del riego sanguíneo al útero, la disminución del crecimiento del feto y la función placentaria y por un aumento en la muerte embrionaria temprana.

Índice de temperatura y humedad (ITH)

El ITH es un índice bio meteorológico que permite cuantificar el estrés calórico a través de la temperatura y la humedad del aire. El mismo fue desarrollado por Thom (1959) y puede ser utilizado para todo tipo de animales. En particular aplicado al ganado vacuno y en especial a las vacas Holando, se ha establecido que, en producción, la zona de confort térmico toma valores de ITH entre 35 y 70 y se ha determinado un valor crítico de 72 (Johnson et al., 1961). Este es el valor límite, donde comienzan los problemas para el ganado. Un índice superior a 74 implica graves riesgos. En este sentido el número de horas diarias de estrés adquiere gran importancia.

Este índice compuesto que relaciona la T° y la H° del aire determina el valor del estrés calórico:

$$ITH = 0.81 \text{ tbs} + HR (\text{tbs} - 14.4) + 46.2 \text{ (Hahn, 1999)}$$

$$ITH = 081.26 + 40/100 (26-14.4) + 46.2$$

$$ITH = 21.06 + 4.64 + 46.2: \underline{71.9}$$

Siendo: Tbs: T° bulbo seco: 26°C y la HR: humedad relativa: 40/100.

Por lo tanto, con Tbs superior a 26°C o HR superior a 40% el valor comienza a ser crítico.

En el cuadro N° 1 se observa una tabla de doble entrada, en donde se van combinando diferentes valores de ITH según se incremente la T° o la H° relativa; clasificándose con distintos colores en normal, estrés leve, estrés severo y emergencia.

Cuadro 1. Cálculo de ITH con T° y H° variables. Fuente: INTA Rafaela

		Humedad relativa										
		30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%
Temperature (°C)	40	86	87	89	90	91	92	94	95	96	98	99
	38	84	85	86	87	89	90	91	92	93	95	96
	36	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
	34	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
	32	77	78	79	80	81	82	83	83	84	85	86
	30	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83
	28	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80
	26	71	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76
	24	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73
	22	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70
	20	64	64	65	65	65	65	66	66	66	67	67

Normal

Estrés leve

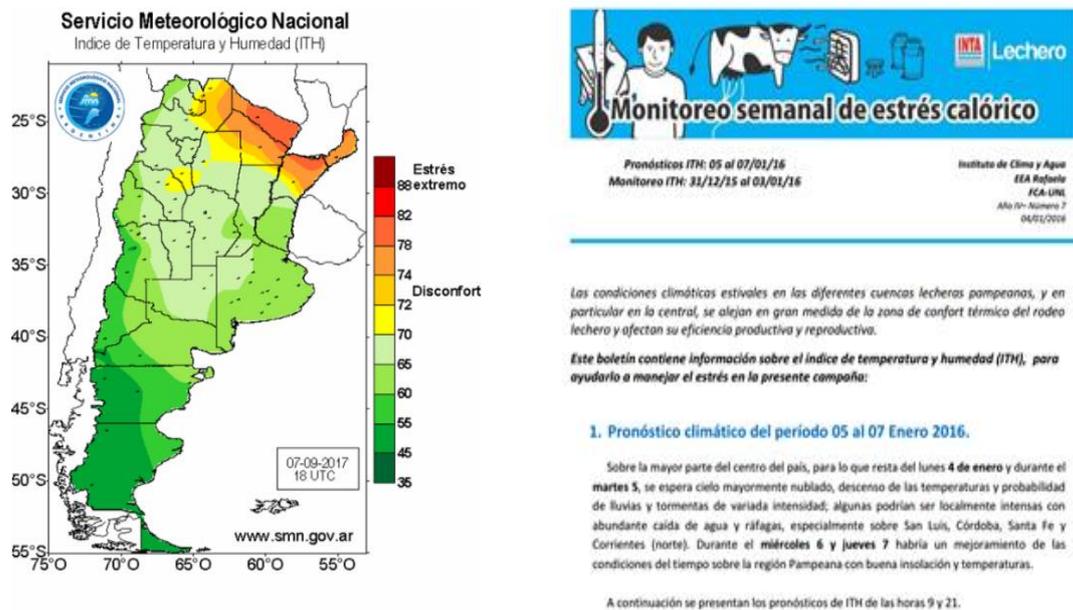
Estrés severo

Emergencia

Tanto el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), como el Instituto de Clima y Agua del INTA, conjuntamente con la EEA Rafaela y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral producen información prácticamente en tiempo real del ITH.

El SMN todos los días calcula el ITH para las siguientes horas: 6, 9, 12 y 15. A partir de estos valores se obtienen los ITH mínimo y máximo diario. En la página web del SMN en el apartado “Información para el agro” se puede encontrar el mapa del país con la coloración correspondiente a cada valor de ITH, con la escala de valores. Desde el año 2013 se elabora y distribuye el boletín electrónico “Monitoreo semanal de estrés calórico”, en el cual se informan y pronostican valores del Índice de temperatura y humedad (ITH) de la hora 9 y 21 en la región pampeana, durante cuatro días y un pronóstico de los 3 días contiguos. El mismo se realiza en colaboración entre el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar y la Estación Experimental Agropecuaria INTA Rafaela y la FCA-UNL (Figura 1).

Figura 1. Monitoreo semanal de estrés calórico



Izquierda: página web SMN. Información para el agro. Derecha: página web Instituto de Clima y Agua. INTA Castelar

En el cuadro 2 se presentan los valores de ITH para las principales cuencas de abastecimiento lechero del país. Observando el cuadro vemos que todas las cuencas presentan horas de estrés en el verano. Los mismos son promedio de 10 años y representan el valor medio de cada mes.

Cuadro 2. Horas de estrés para las principales cuencas lecheras argentinas.

Horas de estrés diarias para las principales cuencas lecheras argentinas (niveles límites de ITH de 72 y 74)						
Cuenca	Horas de estrés					
	Diciembre		Enero		Febrero	
	ITH >72	ITH >74	ITH >72	ITH >74	ITH >72	ITH >74
Abasto Buenos Aires	7	5	8	6	7	5
Abasto Córdoba y Río Cuarto	9	6	10	7	7	5
Abasto Rosario	9	7	11	9	9	7
Entre Ríos	10	8	13	10	11	8
Oeste de Buenos Aires	7	5	9	7	7	5
Santa Fe y Córdoba	10	8	13	11	10	8
Tandil	4	2	5	3	4	2

Fuente: modificado de Gallardo, M y Valtorta, S. 2000

Según Flamenbaum (2013), las vacas estresadas pueden sufrir una disminución del 20% en el consumo de alimentos y de un 10% en la eficiencia alimenticia. La producción puede caer entre un 10 y 20%. Además, se producen caídas del 9 y 4 % en grasa y proteína, respectivamente (Valtorta, 2004). En paralelo, se registra un aumento del recuento de células somáticas. Los parámetros reproductivos se deterioran pasando de tasas de concepción del 40% a menos del 10% (Flamenbaum, 2008) y se incrementa el intervalo entre partos y los descartes por esterilidad.

En los veranos 2010/2011 y 2011/2012, en el INTA Rafaela se realizaron dos estudios con el objetivo de evaluar el efecto del sombreado y la refrigeración en el sector de comedero sobre el confort y la producción de vacas lactantes en corrales de alimentación. Se compararon 2 grupos de vacas, uno testigo y otras que recibieron refrescado (sistema de ventilación y mojado) desde las 09:00 hasta las 19:30 h.

Con respecto a la producción de leche los animales refrescados produjeron un 15% más en ambos ensayos. A su vez, incrementaron la eficiencia de conversión leche/ alimento (kg leche/kg MS) en un 14%.

Como parámetros de bienestar animal se midieron la frecuencia respiratoria (FR) y la temperatura rectal (TR) 2 veces por semana, en 2 mediciones diarias, a las 08:00 y a las 13:30 h. Las vacas refrescadas tuvieron un incremento del 39.2% y 0.59% entre ambas mediciones, para FR y TR respectivamente. Mientras que las vacas no refrescadas tuvieron un incremento del 58.3% y 1.28% para TR y FR respectivamente. Esto demuestra que el enfriamiento de los animales mejora su confort impactando positivamente en su bienestar.

Otra de las mediciones efectuadas fue la observación del posicionamiento y comportamiento animal. En relación al mismo, las vacas refrescadas pasaron un 40% del tiempo diurno en el sector de comedero, refrescándose y/o comiendo; mientras que las vacas no refrescadas sólo pasaron un 5% de su tiempo, lo que trajo aparejado un menor consumo de alimento.

Estrategias de manejo

Estudios realizados por el INTA en nuestro país, así como otros del exterior, demuestran que las inversiones en instalaciones para reducir el estrés calórico tienen un corto periodo de repago y una vida útil prolongada.

Existe un conjunto de prácticas de manejo e instalaciones tendientes a limitar el impacto del estrés térmico, como son:

- Adaptar los horarios de ordeño. Especialmente si las instalaciones son deficientes y los tiempos de ordeño prolongados. Normalmente debieran ser a las 6.00 h y a las 18.00 h.
- Evitar caminatas largas durante los momentos del día con mayor ITH (mayor estrés). Arreo despacio. El movimiento de los animales para algún tipo de manejo puede incrementar la temperatura corporal entre 0,5 y 3,5 °C.
- Manejar el pastoreo en los momentos con menor ITH diario, tardécita/noche.

- Utilizar dietas frías que por su composición minimizan la generación de calor metabólico manteniendo la oferta de nutrientes, sin afectar la salud y el normal funcionamiento ruminal (Ghiano, Taverna, Gastaldi y Walter, 2014).
- Proporcionar agua de calidad en cantidades suficientes y en lugares estratégicos, que permitan un fácil, rápido y cómodo acceso a los animales (Taverna et al, 2012). El abastecimiento de agua en época estival debe incrementarse en un 30 a 50%. Asegurarse el suficiente espacio por animal en los bebederos. En lo posible deben ubicarse en lugares sombreados y con el agua en flujo continuo. Deben existir bebederos a la salida de la sala de ordeño
- Asegurar acceso a sombra natural y/o artificial en corral de espera, potreros y lugares de encierro de animales. La finalidad de las mismas es disminuir la incidencia de la radiación solar directa sobre el ganado, para generarle un ambiente más confortable al animal. Estas estructuras, cuando están bien diseñadas, reducen entre un 40 y un 50% la incidencia de calor radiante sobre los animales. Existen diferentes alternativas, desde móviles a fijas y de diferentes materiales. En ensayos desarrollados en INTA Rafaela permitieron un incremento de la producción de leche del 9% en comparación con vacas que no disponían durante las olas de calor (Ghiano et al, 2011). Se debe continuar con la promoción de este tipo de planteos, pues según la Encuesta Sectorial Lechera 2018/19 de la Región Pampeana Argentina realizada por INTA Rafaela (enero 2020) en la principal cuenca de abasto lechera, solo la mitad de los establecimientos cuenta con sombras en los corrales de espera.
- Implementar sistemas de ventilación y aspersion conjuntamente con sombra. Esta última propuesta consiste en aplicar ciclos consecutivos de aspersion de agua y de ventilación forzada sobre las vacas, práctica utilizada a nivel de corral de espera y en el sector de suministro de alimentos en sistemas PMR o TMR (corrales estabilizados para alimentación, galpones). La utilización de los mismos previo a los ordeños permitió incrementar la producción de leche en un 5% (Valtorta, 2003) y en un 15% si se usaban durante las horas del día donde el ITH era mayor al umbral de confort 72 (Ghiano, 2012). Datos de la misma Encuesta Sectorial Lechera de INTA Rafaela dicen solo el 18 % tiene ventiladores y aspersores para refrescar a las vacas en los días de calor agobiante.

Bajas temperaturas

Con las bajas temperaturas también el ganado sufre afectación y las regulaciones o control de esas temperaturas es de mucha mayor dificultad. Si bien los efectos adversos normalmente son menores.

Por debajo de los 5°C, comienzan los problemas y superando el 0°C hasta -5°C la temperatura se torna muy crítica, obligando a los animales a invertir energía productiva en el mantenimiento de su temperatura corporal, o sea generando estrés por frío.

A su vez el frío combinado con condiciones de H° prolongada y vientos, genera estrés sobre todo en pequeños terneros, cuyo rango de tolerancia es bastante menor. En cuanto a los animales adultos también sufren estrés pero reaccionan echándose en sitios más protegidos, agrupándose tratando de crear una “isla” de calor. En crianzas artificiales de terneros es común la utilización de mantas o capas térmicas sobre los animales.

Necesidad de sombra

Las altas temperaturas causantes principales del estrés calórico afectan todo tipo de ganado. Durante las horas de mayor insolación los animales no escatiman esfuerzos en guarecerse en todo aquello que proyecte sombra; la estrategia consiste en la disminución de la carga de la radiación solar por intercepción de ésta. La figura 2 muestra esta situación. Con ello se intenta demostrar que si tuvieran acceso a un cuadro de sombra podrían beneficiarse de él.

Figura 2. Necesidad de sombra de distintos tipos de ganado.



Fuente: curso de Introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP

Figura 3. Necesidad de sombra de distinto ganado

Fuente: curso de Introducción a la Dasonomía FCAyF – UNLP

La sombra de los árboles es de las más efectivas, pero también pueden realizarse sombreadores en establos o bien en bastidores portátiles. Cada una de estas opciones es la más indicada para asegurar sombra:

- en potreros, los montes de árboles son los más indicados;
- en sitios de manejo intensivo de ganado (corrales de espera, establos) las estructuras fijas con techos de zinc o de madera y laterales abiertos, con la posibilidad de ventiladores y sistema de aspersión para mojar a los animales son muy eficientes;
- en lugares o corrales de encierre las estructuras portátiles con techo de media sombra y estructuras de caños son las más adecuadas en función de moverlas para preservar el piso.
- Para cada alternativa hay cuestiones a tener en cuenta, donde la superficie por animal es la principal; la superficie total y la orientación también puede variar.

Cuadros de sombra en potrero

Considerando que **la unidad de medida** es un animal adulto de 500 kg, si nos encontramos frente a planteos de terneros de recría u otros animales de menor peso, se puede efectuar el cálculo de la superficie total prorrateado de acuerdo al peso del animal. En ese sentido, por ejemplo, con terneros de 170 kg, cada tres (3) de ellos se considerará una unidad de medida.

La superficie por animal de 500 kg es de entre 12 y 15 m². Para garantizar que en los momentos de mayor T° estén cómodos, echados y no tengan contacto con otros animales se debe considerar una superficie por animal de por lo menos 2 m². Es decir, el animal echado con toda una superficie a su alrededor sin otro animal, ocupa 12 m²/animal. La diferencia a 15 m²/animal es en función de la superficie que ocupan los fustes o troncos de cada especie forestal y principalmente para equilibrar el aspecto de las filas de la bordura, puesto que el verdadero confort térmico para los animales se percibe al internarse en el monte o cuadro de sombra, no en la bordura que prácticamente sigue registrando similar T° que a pleno sol.

Un cuadro o monte de sombra bien diseñado debe permitirnos ver animales rumiando, echados y separados del próximo por una buena distancia. Es necesaria una buena planifica-

ción de un cuadro de sombra, en atención a que los vacunos son muy rutinarios. Así como ingestan alimentos como máximo por ocho (8) horas, rumian siete horas y el resto lo reparten entre el descanso y el reposo. Por lo tanto, un ambiente confortable ante situaciones de estrés calórico es muy buscado.

Entonces, considerando dicha superficie por animal de 500 kg, la superficie total del cuadro de sombra resultará de multiplicar esos 15 m² x la carga máxima instantánea que pueda soportar ese potrero.

En caso de rodeos chicos, debemos atender que la superficie total del cuadro o monte de sombra no sea inferior a 2000 m² a los efectos de garantizar una superficie óptima para el ganado. Por ejemplo, con un monte de sombra de 50m x 40m tendremos un monte de 2000 m², capaz de soportar 85 cabezas.

Suponiendo un monte de una especie caduca, plantada a 4 m entre planta y entre hileras, tendríamos 11 hileras de 13 plantas cada una, o sea 143 plantas totales. Descontando la bordura de plantas en toda la superficie (considerando esto la superficie donde la T° no tiene variaciones respecto a campo abierto) nos quedan 9 hileras de 11 pl c/u, por lo que la superficie efectiva de sombra es de 32 m x 40 m o sea 1280m² para (15m²) 85 animales de 500 kg.

En la Figura 4 se pueden observar ejemplos de monte de sombra.

Figura 4. Montes de sombra



Derecha: monte de sombra de álamo con ganado. Izquierda: monte de sombra de eucalipto. Fuente: curso de Introducción a la Dasonomía FCAYF - UNLP

Ubicación

La localización del monte de reparo está asociada al manejo ganadero que se realice:

- si la producción se realiza con pequeños potreros de pastoreo o pastoreo rotativo la ubicación del monte de reparo estará sobre el camino de división del potrero desde donde tienen acceso los animales a cada cuadro de pastoreo, cumpliendo el precepto de ubicar

el monte lo más cercano posible al lote de pastoreo y al agua. Allí los animales tendrán libre acceso a la sombra, al agua y al pastoreo;

- si el manejo de la hacienda es extensivo, es decir cuadros de pastoreo amplios, se deberá tomar la precaución de ubicar los montes en lugares opuestos a las aguadas para favorecer el recorrido de los animales y que no sobre pastoreen el área inmediata al agua y a la sombra;
- en el caso del sistema de pastoreo intensivo tipo Voisin, el agua y la sombra deberían estar en cada potrero o en su defecto ubicar el monte sobre los caminos internos, favoreciendo el menor movimiento de los animales para generarle lo que son sus necesidades de sombra, agua y pasto.

En situaciones de grandes unidades de pastoreo, suelen ubicarse los montes en el vértice de unión de cuatro potreros y por lo tanto se realizan con manejo de alambres eléctricos para franquear el ingreso desde cada potrero.

Sistema y modo de plantación

El sistema de plantación siempre es en **macizo**. Puede tener una configuración rectangular o cuadrada. Dependiendo de la especie con que se realice será el modo o material de plantación.

La preparación del sitio a plantar se inicia marcando los límites que alcanzará el monte, realizando en primer lugar un exhaustivo control de hormigas y malezas; luego se continúa con el pozo que estará acorde al material de plantación iniciador. La época de plantación estará definida por la especie elegida. Los trabajos de cuidados previos deben iniciarse 15/20 días antes de plantar.

Características de la especie forestal para un monte de sombra

- # Rápido crecimiento
- # Buen arraigue
- # Sistema radical profundo
- # Copa globosa
- # Follaje palatable
- # Frutos comestibles (supl. de alimentación)
- # Fijadores de Nitrógeno
- # Que no presente sustancias alelopáticas
- # Sin espinas, aguijones, etc.
- # Corteza lisa

Ejemplos de algunas de las especies más indicadas y material de propagación

Follaje persistente:

- * *Casuarina cunninghamiana* “casuarina” (plantín en contenedor)
- * *Eucalyptus spp.* (plantín en contenedor)
- * *Acacia melanoxylon* “aromo australiano” (plantín en contenedor)

Follaje caducifolio:

- * *Populus spp.* “álamos” (barbados)
- * *Robinia pseudo-acacia* “acacia blanca” (plantín a raíz libre)
- * *Populus nigra cv. itálica* “álamo negro” (barbados)
- * *Populus nigra cv. thaysiana* “álamo chileno” (barbados)
- * *Salix spp.* (barbados)

Reparos o sombras artificiales

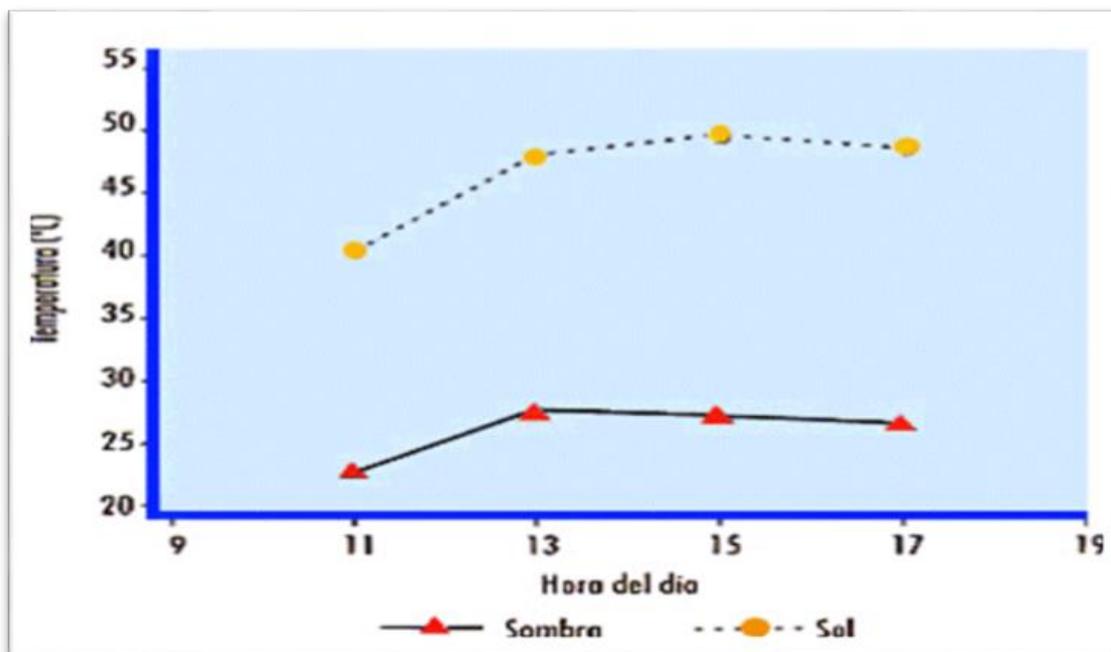
Los reparos o sombras artificiales son eficientes para mejorar el confort y la producción de leche de vacas en pastoreo. Recientes estudios dan cuenta que en el 50% de los tambos, existen protecciones de sombra en los corrales, por lo que debe continuar con la promoción de este tipo de planteos (Encuesta Sectorial Lechera 2018/19 de la Región Pampeana Argentina, realizada por INTA Rafaela, enero 2020 en la principal cuenca de abasto lechera).

Los montes de sombra con árboles pueden brindar una sombra de excelencia, pero ante la ocurrencia de condiciones climáticas adversas, como precipitaciones, en suelos de tierra puede desmejorar el estado del piso. Una primera consideración es consolidar los pisos y abovedarlos.

Otra cuestión a tener en cuenta es en aquellos establecimientos con sectores de producción con grandes cantidades de animales en superficies pequeñas. Allí es necesario preservar el estado del piso recurriendo a reparos artificiales, en algunos casos de fácil desarme ante condiciones climáticas adversas.

En sectores de trabajo intensivo con el ganado, como corrales de espera en tambos, corrales de encierro, mangas, sectores de alimentación y también a guacheras y engorde a corral (Feed Lots), debido a la gran cantidad de animales posibles de juntar, es necesario planificar sectores con sombra pues por lo general, permanecen varias horas y con ello se pueden presentar inconvenientes que causen estrés. Esto con independencia de suelo que se ofrezca.

Hay varias razones, algunas ya expuestas, que justifican su instalación. En la figura 5 podemos comparar la temperatura del piso de cemento de un corral con y sin sombra.

Figura 5. Temperatura del piso de cemento con y sin sombra.

Fuente: Bartaburu, D. 2001

Por lo tanto, vemos que en suelo cubierto de cemento también resulta imprescindible colocar sombras.

Materiales y medidas

En cuanto a la construcción de reparos artificiales, podemos elegir entre distintos materiales, tanto para la estructura portante como para el techo. En cuanto a los postes a utilizar pueden ser de madera, de caño galvanizado o bien de cemento con la altura correspondiente. La cobertura para techos normalmente es de mallas plásticas o Sarán de una porosidad/trama entre el 80 y 90%, aunque también pueden ser de madera o láminas de acero corrugado.

En cuanto a los techos, siempre es conveniente hacerlos a un agua, es decir con postes en el lado de mayor altura que en el restante. Por ejemplo, 5m de altura máxima y 4m de altura mínima. Con un 15% de pendiente nos aseguramos que no se estanquen sobre el techo ni agua ni otro tipo de materiales. Con esos largos postes, enterrando los mismos casi un metro, nos aseguramos un cobertizo con un lado a 4m y otro lado a 3m de altura. En el caso de los techos con mallas plásticas, la altura menor debe ser de 3m; mientras que en los de chapa galvanizada esa altura menor debe ser de 5m. Una de las claves para el éxito de la construcción es el tensado de la malla. La separación de los postes podrá ser de 8m entre cada uno.

La orientación deberá ser norte –sur. La orientación de la sombra, depende principalmente del material sobre el cual se realice. Cuando el piso es de concreto la orientación este - oeste es la

más adecuada ya que maximiza la sombra, en cambio, cuando el material es tierra, balasto o afín la orientación norte-sur permite un mejor secado del piso. En todos los casos, el ancho máximo es de 8m y, si la construcción es a 2 aguas, debe tener una abertura central de 0,30 a 0,50 m para lograr un efecto chimenea que permita la adecuada remoción del aire caliente. La pendiente del piso de 1,5 a 2,5% para ayudar a mantener el drenaje.

Tipos

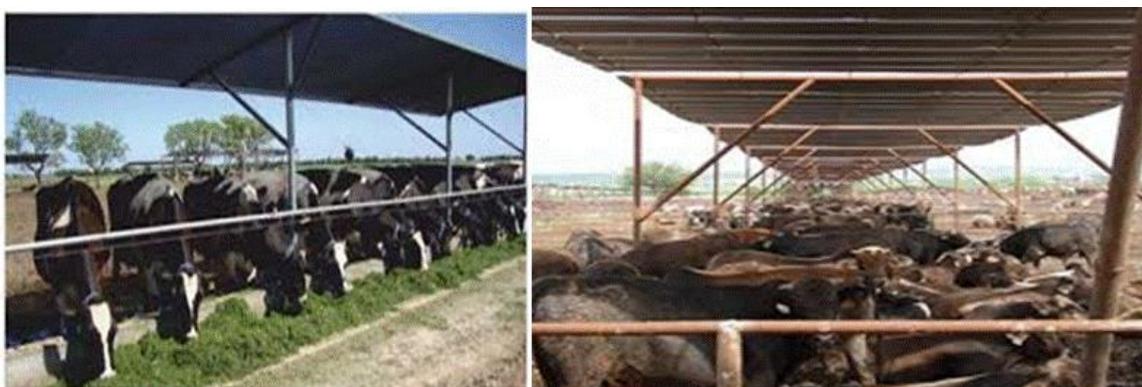
En los corrales de espera, de encierro, en mangas o comederos suelen ser fijos; mientras que en guacheras o en lotes de pastoreo suelen ser móviles. La ventaja que presentan estos últimos, es que ante inconvenientes tipo anegamiento se los puede desarmar y llevar a otro sector. En las Figuras 6,7,8 y 9 pueden apreciarse distintos ejemplos de protecciones móviles.

Figuras 6 y 7. Sombráculos portátiles



Fuente: <https://www.infocampo.com.ar/>

Figuras 8 y 9. Comederos bajo sombra



Fuente: <https://grupo-ap.com.ar/>

Superficie

Al ser protecciones para el sol para determinadas ocasiones, la superficie total de cada estructura es muy distinta a los montes forestales. Para este tipo de estructuras la finalidad la cumplen durante los períodos de alimentación en el caso de los comederos o bien el tiempo que insuma el trabajo por el cual fueron encerradas.

Siempre el dimensionamiento responde a la carga máxima instantánea que necesite ese reparo y se establece en 3 a 5 m cuadrados por vaca adulta; mientras que para las vaquillonas y novillos será de 2 a 3 m cuadrados por animal y para terneras y terneros de hasta 170 kg la superficie será de 1 a 1,5 m cuadrados por animal.

Enfriamiento con ventiladores y aspersión

Datos de la Encuesta Sectorial Lechera de INTA Rafaela muestran que solo el 18 % de los establecimientos poseen ventiladores y aspersores para refrescar a las vacas en los días de calor agobiante, no obstante, está perfectamente demostrado los incrementos en la producción que se producen a partir de su adopción. Por otra parte, esos mismos estudios plantean que el recupero de los gastos ocasionados en su construcción se logran en cortos plazos.

Aspersión

Las gotas producidas por los aspersores deben de ser suficientemente grandes como para penetrar la cubierta del animal. El uso de neblinas no llega a mojar la vaca sino que incrementa la evaporación del agua al aire de los alrededores de la vaca y, en consecuencia, hace un ambiente más fresco en el entorno. Esto se recomienda más para estabulación ya que están diseñados para enfriar el aire por evaporación e incrementar la conducción y la convección. Hay que tener cuidado con las aguas duras ya que estas pueden tapar las boquillas que forman la neblina.

La importancia radica en mojar el animal en un tiempo limitado (por ejemplo, la espera en el corral para el ordeño). Con este fin se utilizan aspersores de alto caudal con capacidades de 250 a 500 litros/hora. De esta forma, se logra un mojado de la vaca, sin embargo no es conveniente que se moje en demasía a la vaca y el agua empieza a correr hacia la glándula mamaria. Por eso se recomienda ciclos de mojado y ventilado. Otro aspecto importante es que aumenta los requerimientos de agua en la sala de ordeño entre un 10 y un 20%.

Los aspersores típicos son los utilizados para riego de jardines. Estos aspersores o similares se encuentran disponibles en locales comerciales del rubro. Su altura desde el piso debe ser de 3,5 m; la separación entre aspersores de 4 m; el tamaño de la gota es de 3-5 mm; a una presión de trabajo de 2,1 bares; ángulo de mojado regulable de 0 a 360° y caudal por pico: 12,7 a 16,0 l/minuto (8,5 a 10,6 litros por cada ciclo)

Se sugiere utilizar este equipo bajo las siguientes condiciones:

1. Ciclo de mojado de 40 segundos de duración. Esta combinación de tiempo/caudal implican una utilización aproximada de 1 lt/vaca/ciclo, 10 lt/aspersor/ciclo y entre 78 litros por aspersor por hora. Esta relación tiempo/caudal permite el mojado del lomo de la vaca sin que la lámina de agua llegue a la ubre, provocando la contaminación de los pezones.
2. Ciclo de ventilación forzada de 7 minutos para evaporar el agua. Con el objetivo de prolongar la vida útil de los ventiladores y lograr un consumo eléctrico más estable, el funcionamiento de los ventiladores puede ser continuo. Bajo esta alternativa, los ciclos estarían solo definidos por el mojado.
3. Aplicar como mínimo 3 ciclos completos (mojado + ventilación) a cada vaca antes de cada ordeño. Es necesario considerar aproximadamente 30 minutos previos para esta actividad. Las investigaciones realizadas por Flamenbaum (2013) demuestran que el efecto de confort logrado se prolonga por 2,5/3 horas posteriores. En la medida que operativamente se pueda aplicar con mayor frecuencia diaria este proceso de enfriamiento, mayores serán los beneficios productivos, reproductivos y sanitarios. El sistema alterna un mojado del lomo del animal utilizando gota gruesa (3-5 mm de diámetro), con la posterior aplicación de ventilación forzada, acción que, al evaporar el agua, genera el enfriamiento y bienestar del animal.

Ventilación

Para calcular el número de ventiladores, se debe multiplicar la necesidad de ventilación por animal por el número de animales y dividir por el caudal del ventilador (Gallardo y Valtorta, 2011). La inclinación de 10 a 30° puestos equidistantes uno de otro de acuerdo al diámetro de los mismos, si tienen 0,60 m de diámetro se colocan a 6 m. Existen de diferentes marcas comerciales, son por lo general de chapa galvanizada. Deben ubicarse en dirección contraria al ingreso de los animales

Referencias

- Bavera, G.A. (2005). Montes y reparos. Curso de Producción Bovina de carne, 2005. FCV – UNRC.
- Bartaburu, D. (2000). La vaca lechera en el verano: sombra, agua, manejo. Revista del P y A; 94: 39-42.
- Brega, M-, Baudracco, J., Lazzarini, B., Bouman, M., Lyons, N., y Cuadrado, C. Mitigación del estrés térmico en el corral de espera. Disponible en: <http://factorhumanoentambo.com/>

- de la Sota, L. (1996). Fisiología ambiental: mecanismos de respuesta del animal al estrés calórico. Primeras Jornadas de Manejo de Estrés Calórico en Rodeos Lecheros. Fac. de Cs. Veterinarias – UNLP. 28 de octubre de 1996
- Flamenbaum I. (2008). Manejo del Estrés Calórico del Ganado Lechero en Entorno Tropical y Subtropical. X Congreso Panamericano para la Leche. San José, Costa Rica.
- Flamenbaum I. (2013). Ventajas de la gestión del estrés calórico en el rodeo lechero. Federación Panamericana de Lechería. Año 1 N° 7. Julio 2013.
- Gallardo, M. y Valtorta, S. (2000). Estrategias Para Mejorar la Producción de Leche en Verano. Producir XX1. Año 9. Nro 110. Diciembre 2000. Página 23.
- Ghiano, J; Taverna, M; Gastaldi, L; Walter, E. (2014). Manejo del estrés calórico. INTA EEA Rafaela.
- Kuceva, C. D; Balbuena, O; Stahringer, R y Slanac, A. (2004) Efecto de la provisión de sombra o su falta, sobre el confort en terneros destetados precozmente. Comunicaciones científicas y tecnológicas 2004. Universidad Nacional del Nordeste.
- Martínez Luque, L. (2018). El bienestar animal como una de las buenas prácticas que hacen a la productividad de los tambos. Universidad Nacional de Córdoba – Ruralnet
- Silveira Siré, J. (2008) "Tambos: algo más que sombra..." Revista SFRCS. enero 2008.
- Sirven, M. et al. (2015). "Cuadernillo de bienestar animal: guía de evaluación del bienestar de vacas lecheras en producción en el ámbito de las instalaciones de ordeño". Ed. APROCAL. ISBN: 978-987-46094-0-3. CABA.
- Taverna, M., Ghiano, J., Gastaldi, L., Walter, E. (2014). Estrés calórico. Enfriamiento de vacas mediante la combinación de mojado y ventilación forzada. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script_tmp_inta_estres_calorico_sistema_ventilacion_y_aspersion.pdf.
- Thatcher, W. (1996). Manejo reproductivo de rodeos lecheros bajo condiciones de estrés calórico. Primeras Jornadas de Manejo de Estrés Calórico en Rodeos Lecheros. Fac. de Cs. Veterinarias – UNLP. 28 de octubre de 1996.
- Tuset, R. (2009) - Forestación para productores agropecuarios. ISBN 978-9974-674-12-7 - Editorial Hemisferio Sur – Montevideo.
- Valtorta, S. y Gallardo, M. (1996). El estrés por calor en producción lechera. Primeras Jornadas de Manejo de Estrés Calórico en Rodeos Lecheros. Fac. de Cs. Veterinarias – UNLP. 28 de octubre de 1996
- Valtorta S. y Gallardo M. (2004). Evaporative cooling for Holstein dairy cows under grazing conditions. Int. J. Biometeorol. 48: 213-217.
- Valtorta, S. (2008) Sombra y agua para más leche. (2008). Producir XXI, Bs. As., 16(205):44-47
- Valtorta, S. y Gallardo, M. (2011) Estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. ISBN 978-950-504-617-1 - Editorial Hemisferio Sur SA
- Zehnder R; Quaino O y Orosco D. (2001). Informe de situación de los tambos de la cuenca central Santa Fe-Córdoba y cuenca Villa María. INTA Rafaela. Anuario 2001- Economía.

SEGUNDA PARTE

Sistemas silvopastoriles y silvoagrícolas en Argentina

CAPÍTULO 6

Sistemas silvopastoriles en bosque nativo

Pablo L. Peri y Marcelo Navall

Situación de los principales sistemas silvopastoriles en Argentina

Productores forestales y ganaderos adoptaron los **sistemas silvopastoriles** (SSP) debido a las ventajas ambientales, económicas y sociales (reducción de estrés calórico de los animales por efecto de la sombra de los árboles o en sitios fríos como Patagonia la protección de los fuertes vientos o bajas temperaturas principalmente en época de parición), obtención de madera, incremento de la productividad forrajera y su concentración proteica, disminución de los riesgos de incendio por el pastoreo, reducción del efecto de las heladas y sequías prolongadas sobre la pastura o pastizal, y la flexibilización de la economía de los establecimientos de pequeños y medianos productores. La implementación de los sistemas silvopastoriles en bosques nativos ha tomado auge en los últimos 20 años en diferentes regiones de Argentina y Sudamérica (Peri et al., 2016a, 2019), principalmente en la región Patagónica y región Chaqueña (Tabla 1) (Peri 2012). Considerando que los sistemas silvopastoriles combinan pasturas, árboles y animales en una misma unidad de superficie, las interacciones que se den entre los componentes del sistema silvopastoril podrían generar efectos positivos (*procesos de facilitación*), negativos (*procesos de competencia*) o neutros. Actualmente se dispone de información para la implementación de SSP a escala comercial y su posterior manejo en un amplio rango de condiciones ambientales, lo que permite evaluar económicamente las intervenciones silvícolas y disponer de estrategias de manejo empresarial para aumentar el rendimiento. Además, se cuenta con módulos demostrativos en el país que integran mediciones de las diferentes disciplinas y que a la vez sirve al productor como área demostrativa. Si bien existen pocos antecedentes publicados en el uso de los SSP (o ganadería en bosque sin manejo) en bosque nativo correspondiente a la región Monte (principalmente en el sur de Salta, centro de Catamarca, La Rioja y San Juan, centro-este de Mendoza), la región Espinal (centro-sur de Corrientes, norte y centro de Entre Ríos, centro de Santa Fe, este, centro y sur de San Luis, este y centro de La Pampa) y la selva Tucumano Boliviana o Yungas (franja discontinua en Jujuy, Salta, Catamarca y Tucumán), existen evidencias del uso ganadero de estos ecosistemas (Peri 2012). Es evidente que existe un bache de información en estos ecosistemas relacionado con un uso ganadero o silvopastoril, más teniendo en cuenta las particularidades de estos ecosistemas

nativos y sus superficies. Por ejemplo, mientras que para la región del Espinal con una superficie de 2.488.000 ha (bosque xerófilo con predominancia del género *Prosopis* sp. y otras especies de origen chaqueño, y donde se destaca los bosques de caldén) y la región del Monte con una superficie de 42.995.400 ha (zonas áridas y semiáridas con formaciones de jarillales (*Larrea* sp. alternando con algarrobales) se registró el 5% de antecedentes publicados, para el bosque nativo de ñire en Patagonia la información generada representó aproximadamente el 22% del país con sólo 751.640 ha (Peri 2012).

Aproximadamente el 70% de los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia tienen un uso silvopastoril (Peri, 2009). Sin embargo, existe un escaso manejo silvopastoril integral de los establecimientos. En Patagonia Sur, la producción bovina y mixta (bovino+ovino) tienen la mayor participación en los establecimientos con bosque de ñire, con una carga promedio de $0,65 \pm 0,15$ equivalentes ovinos/ha y siendo las razas predominantes Corriedale (ovino) y Hereford (bovino) (Ormaechea et al., 2009). La producción ganadera se sustenta en el pastizal nativo conformado en varias zonas por especies naturalizadas de alto valor forrajero como *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Trifolium pratense* (trébol rojo) y *Trifolium repens* (trébol blanco). La propuesta silvícola en SSP con ñire contempla intensidades de los raleos según la calidad de sitio (o régimen hídrico) y aspectos relacionados a la continuidad del estrato arbóreo. Los beneficios que el productor percibe de los SSP en bosques de ñire son la protección que provee al ganado de los fuertes vientos o bajas temperaturas (principalmente en época de parición) y el aporte de forraje de calidad.

La región **Parque Chaqueño** comprende más de 60 millones de hectáreas, siendo la región forestal más grande del país con 21.278.396 ha de Tierras Forestales (Dirección de Bosques-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2005). De acuerdo al gradiente de temperatura, precipitaciones y aspectos de la flora, se reconocen cuatro subregiones: el Chaco Húmedo; el Chaco Semiárido (el de mayor superficie); el Chaco Árido y el Chaco Serrano. Al intentar cuantificar el uso silvopastoril en la zona, cabe realizar una aclaración ya que el término “silvopastoril” se aplica inadecuadamente a una diversidad de prácticas o tratamientos, lo cual se presta a confusión. En un extremo, podrían ubicarse modalidades con poco manejo y planificación como la “ganadería a monte”, que consiste simplemente en hacer pastar o ramonear los animales en el bosque nativo. Estas prácticas, repetidas durante décadas, alteran la estructura del bosque por su efecto directo sobre la regeneración, la calidad del suelo y el funcionamiento del ecosistema. En el otro extremo, se han difundido notablemente prácticas de alta intensidad en remoción de biomasa leñosa, como el “desmonte selectivo”, con siembra de especies forrajeras megatérmicas como Gatton panic (*Panicum maximum* cv. *Gatton*) en el Chaco Semiárido y Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) en el Chaco Árido, con el fin de incrementar la producción fundamentalmente de carne bovina. Este tipo de uso altera significativamente la estructura del bosque, por dejar en pie árboles de las clases de tamaño mayores, no tiene en cuenta la reposición del estrato arbóreo ni la biodiversidad del ecosistema, y se suman prácticas que le dan mayor intensidad al tratamiento, como repasos de rolados, agroquímicos y fuego. Se estima que alrededor de 6 millones de hectá-

reas tienen algún tipo de uso silvopastoril entre estos extremos. Los SSP de bajo impacto que el INTA propone en Santiago del Estero y Córdoba consideran el control secuencial de los arbustos para favorecer la producción forrajera, establece la rotación de áreas habilitadas al pastoreo para favorecer la regeneración forestal, e incorpora una valoración de la diversidad. Además, contemplan una planificación del uso en el tiempo y el espacio que permiten hablar de “sistema silvopastoril”, dándole todo el sentido a este término. El método de control de leñosas arbustivas, es mecánico, siguiendo los criterios que el equipo técnico denominó *Rolado de Baja Intensidad* (RBI) (Carranza y Ledesma, 2005; Carranza, 2009; Gomez y Navall, 2008; Kunst, 2008; Navall, 2008). Sin embargo, esta práctica de uso silvopastoril presenta un número bajo de productores que la aplican. Los aspectos positivos que los productores grandes y medianos perciben en la implementación de los SSP están relacionados a los servicios ambientales que los árboles proveen al ganado, mientras que los pequeños lo visualizan en el uso múltiple del bosque. Los índices de producción de carne en las explotaciones tradicionales son bajos (4 a 12 kg carne/ha/año) con una capacidad de carga equivalente a 10 a 20 ha por unidad Ganadera (UG). Con la implantación de pasturas en SSP estos valores aumentan la capacidad productiva (45 a 80 kg carne/ha/año) con cargas de 2 a 7 ha por UG.

Para la **región del Chaco** las limitaciones de la implementación de un SSP integral para los grandes productores se centran en el bajo valor de mercado de los productos forestales y en la falta de consideración de la planificación de uso forestal. En cambio, para los pequeños productores las limitaciones son los problemas en la tenencia de la tierra, la falta de recursos para instalaciones de infraestructura mínimas (alambrados, agua), falta de acceso a información y maquinarias y limitaciones para la gestión.

En el bosque nativo de ñire de **Patagonia**, las principales limitantes para la implementación integral de SSP radica principalmente en la falta de Planes de Manejo que incluya en su formulaciones ajustes de carga animal, mantenimiento de los bienes y servicios del bosque nativo (biodiversidad, calidad de agua, conectividad para la fauna silvestre, etc.) y continuidad del estrato arbóreo, entre otros, en un marco situacional donde la cría y engorde del ganado vacuno en estos ecosistemas irá en aumento. A esto se le suma que en algunas áreas no existe seguridad jurídica de la tenencia de la tierra y que es bajo el valor de los productos madereros proveniente de los raleos (principalmente el uso es leña, postes y varas). Por esto resulta prioritario acciones relacionadas a políticas forestales y planeamiento de uso del bosque de ñire, administración y utilización del recurso. En el contexto de mejoras de planes de manejo para los SSP en bosque nativo (a nivel predial y regional) existe la perspectiva cierta que las Direcciones de Bosques de las provincias cuente con pautas de manejo en el marco del Plan de Manejo Sostenible – Modalidad Silvopastoril dentro de la Ley Nacional de N° 26331 sobre Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, donde se podrá tener objetivos ganaderos y madereros o solamente ganaderos pero contemplando la persistencia del bosque y tendiendo a aumentar el valor agregado de la madera, en el que las intervenciones permitidas son lo suficientemente moderadas como para que el bosque siga manteniendo los atributos de conservación de la categoría II (Amarilla) o las recupere durante el transcurso del plan.

Tabla 1. Características y situación actual de los principales sistemas silvopastoriles desarrollándose en el bosque nativo de Argentina.

Región	Superficie total de bosque nativo (ha)	Superficie de bosque nativo bajo uso silvopastoril (ha)	Principal especie forestal y silvicultura más usual	Tipo principal de pastura o pastizal usada	Tipo de animal y carga usual	Principal motivo porque se usan los SSP	Porcentaje estimado de lo investigado que se aplica en el campo	Principal limitante para el desarrollo de los SSP
Región Patagónica	751.640	526.100	<i>Nothofagus antarctica</i> (ñire), intensidad de raleos varia de 40 a 70% de remoción de copas según calidad de sitio (régimen de precipitaciones).	Pastizal natural de <i>Festuca</i> sp., <i>Poa</i> sp., <i>Deschampsia</i> sp., <i>Carex</i> sp. Con especies naturalizadas como <i>Holcus lanatus</i> , <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Trifolium repens</i> .	Principalmente ganado bovino (Hereford) y producción mixta (bovino+ovino Corriedale) con una carga promedio de 0,62 equivalentes ovinos/ha	Los bosques de ñire proveen de protección de los vientos, en época de parición y/o forraje de calidad	Se estima una adopción actual del 20%.	Falta de Planes de Manejo con carencias en la conectividad para la fauna silvestre, de la continuidad de la regeneración y el cuidado de los recursos hídricos. La seguridad jurídica de la tenencia de la tierra es baja (Chubut). Las condiciones laborales no son óptimas. Bajo valor de los productos madereros
Región Chaqueña ²	21.278.396	6.300.000	Bosques mixtos secundarios de algarrobo y quebracho. Prácticas de rolado de baja intensidad.	Pastizal natural; <i>Cenchrus ciliaris</i> cv. Texas (Buffel grass); <i>Panicum maximum</i> (Gatton panic).	Productores grandes y medianos: cría de bovinos (criollo y cruza de índico). Pequeños productores: mixto, bovino y caprino (cruza de criollo con Nubian).	Servicios ambientales de los árboles para con el ganado Uso múltiple del bosque.	Muy bajo a nivel de medianos y grandes productores. Incipiente en pequeños productores.	Bajo valor de mercado de los productos forestales. Para pequeños productores: problemas en la tenencia de la tierra, falta de recursos para instalaciones mínimas (alambrados, agua), falta de acceso a información, limitaciones para la gestión.

¹ SAyDS (2005); Fertig (2006); Ivancich et al. (2009); Fertig et al. (2009); Peri 2005, 2009a, b; Peri et al. (2009); Ormaechea et al. (2009); Rusch et al. (2009a,b); Sarasola et al. 2008a,b; ² Carranza y Ledesma (2005); Carranza (2009); Dirección de Bosques – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005); Gomez y Navall (2008); Kunst (2008); Navall (2008).

Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire

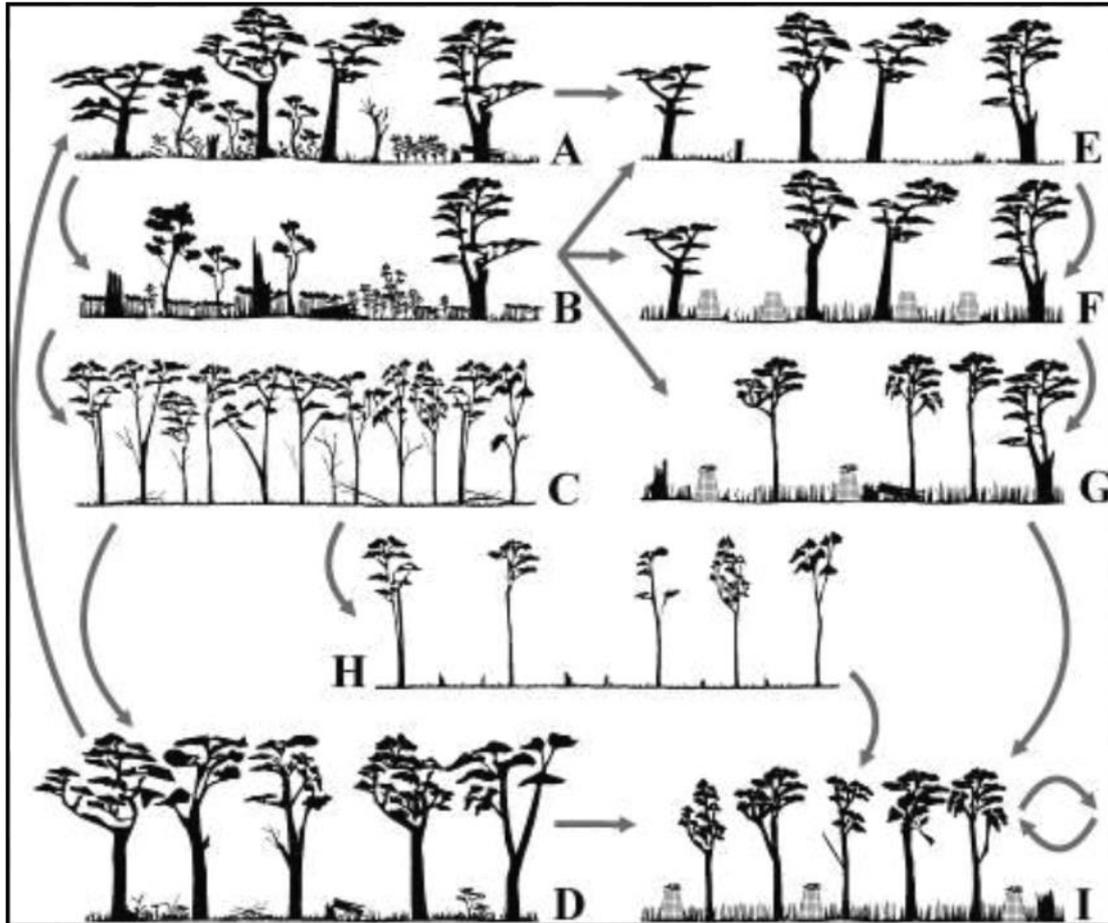
El ñire es una especie nativa de los bosques patagónicos con una distribución amplia que se extiende desde el norte de Neuquén hasta Tierra del Fuego. Los principales aspectos del manejo de los sistemas silvopastoriles en bosques de ñire y el conocimiento generado para los diferentes componentes del sistema fueron compilados en revisiones previas (Peri et al., 2016b,c; Peri et al., 2017a; Rusch y Varela, 2019). Estos bosques han sido utilizados por más de 100 años con fines ganaderos, así como extracción de leña y carpintería rural, y en muchos casos con remoción y conversión de bosque a pastizales. Además, se han determinado las sinergias y antagonismos que se generan en estos sistemas silvopastoriles y su incidencia a nivel paisaje, donde se destacan el efecto de las interacciones entre coberturas de copa y calidad de sitio de los rodales sobre el microclima, la productividad primaria y calidad nutritiva del sotobosque, la instalación de regeneración arbórea, el ciclado de nutrientes y el comportamiento animal (Bahamonde et al. 2018a). En particular, en Santa Cruz y Tierra del Fuego existen 97 estancias con bosque de ñire de las cuales un 68% tiene más del 10% de su superficie ocupada con bosque de ñire (Ormaechea et al. 2009). La importancia de los bosques nativos de ñire como sistemas silvopastoriles principalmente radica en la capacidad productiva ganadera (ovina y bovina) y la obtención de productos madereros provenientes de las intervenciones silvícolas como postes, varas y leña. El uso sustentable de los bosques nativos toma relevancia a partir de la promulgación de la *Ley de Presupuestos Mínimos Ambientales* para la protección de los bosques nativos, la cual podría financiar parte de los costos del manejo. En este contexto, fueron propuestas pautas generales para el manejo silvopastoril de los bosques nativos de ñire en Patagonia que tiendan a maximizar la producción del sistema y propender a su conservación (Peri et al., 2009).

Silvicultura y producción del componente arbóreo

La propuesta silvícola en sistemas silvopastoriles con ñire combina criterios económicos y ecológicos, debería contemplar la intensidad de los raleos y aspectos relacionados a la continuidad del estrato arbóreo teniendo en cuenta las interacciones positivas y negativas entre los componentes árboles, pasturas y ganado. Esta alternativa apunta a favorecer las interacciones beneficiosas para lograr un incremento de la producción del sistema, de la eficiencia del uso de los recursos y de la conservación. La propuesta silvícola del manejo silvopastoril (Fig. 1) incluye: (i) la apertura del dosel original para favorecer el desarrollo del sotobosque; (ii) la remoción o acumulación de residuos leñosos del suelo forestal; (iii) el enriquecimiento del sotobosque con especies que complementen la dieta del ganado; (iv) la realización de raleos que incrementen el crecimiento y la calidad maderera del dosel remanente, y para mantener la cobertura dentro de los límites de manejo; y (v) la protección de renovales por semilla o agámicas para asegurar la renovación del dosel forestal en el tiempo. La apertura del dosel depende del régi-

men hídrico y la calidad de sitio de los rodales, recomendando intervenciones más intensas a medida que mejora la calidad de sitio o la disponibilidad de agua. Estos niveles de apertura del dosel permiten obtener aumentos de biomasa del sotobosque de entre 300-1400 kg MS/ha de materia seca, permitiendo incrementar un 30% las cargas animales promedio para la región (Peri et al., 2009a, 2017a).

Figura 1. Propuesta de manejo silvícola para bosques de ñire bajo uso silvopastoril:

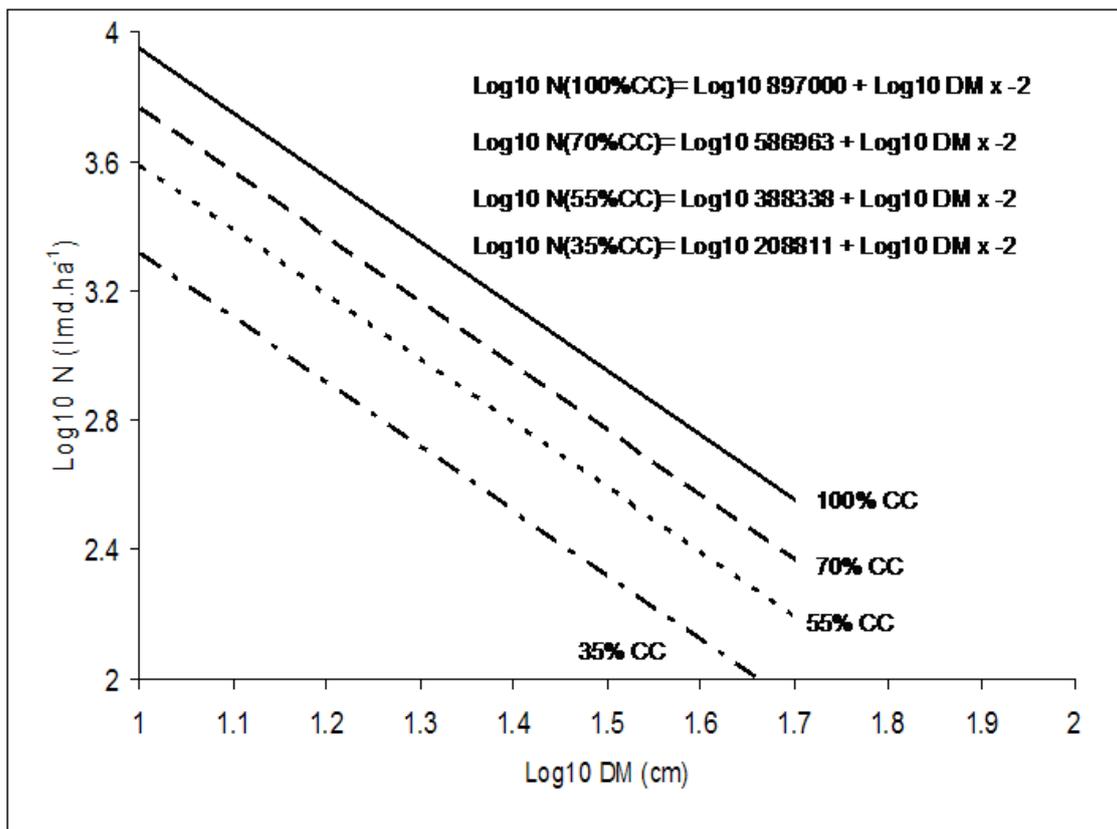


(A) rodal en fase de desmoronamiento, (B) rodal en fase de desmoronamiento con regeneración avanzada, (C) rodal en fase de crecimiento óptimo, (D) rodal en fase de envejecimiento, (E) rodal manejado con cobertura de árboles originales, (F) rodal manejado con protección de renovales y cobertura de árboles originales, (G) rodal manejado con cobertura mixta de árboles originales y secundarios, (H) rodal secundario con raleo y poda, y (I) rodal manejado con cobertura de árboles secundarios. Fuente: Martínez Pastur et al., 2013.

Integrando el conocimiento generado (Peri, 2005; Peri et al., 2005a, b; Sarasola et al., 2008a, b) y conceptos de practicidad operativa se proponen dos intensidades de raleo para diferentes sitios de ñirantales, quedando excluidos de intervención silvícola aquellos bosques con alturas finales de árboles dominantes menores a los 4 m debido a la fragilidad ambiental del ecosistema (Quinteros et al., 2008). Mientras que en sitios de estrés hídrico severo (alturas de los árboles dominantes inferiores a los 5-8 m) se recomienda una intensidad máxima de raleo que deje una cobertura de copas remanente entre 50 y 60%, en sitios con un régimen de precipitaciones más favorable (ñirantales con alturas de los árboles dominantes superiores a

los 8 m) se recomienda una intensidad máxima de raleo que deje una cobertura de copas remanente entre 30 y 40% (Peri et al., 2009). Sarasola et al. (2008b) evaluaron que la respuesta del crecimiento medio en diámetro de árboles de ñire al raleo fluctuó desde 0,18 a 0,49 cm/año para rodales densos y semiabierto, respectivamente. Además, se generó un índice de densidad de rodal de ñirantales, independiente de la edad del rodal y la calidad de sitio (Fig. 2), como una herramienta biométrica para determinar intensidades de raleo de modo de alcanzar diferentes coberturas arbóreas bajo un uso silvopastoril (Ivancich et al., 2009). Su empleo facilitará la toma de datos durante los inventarios forestales, siendo necesaria sólo la determinación de las variables densidad y área basal para estimar la intensidad de los raleos frente a una cobertura de copas determinada.

Figura 2. Modelos de predicción de la densidad de un bosque de *Nothofagus antártica*, de acuerdo al diámetro medio y a diferentes coberturas de copa (35, 55, 70, 100%).



N: densidad; DM: diámetro medio; y CC: cobertura de copas. Fuente: Ivancich et al., 2009.

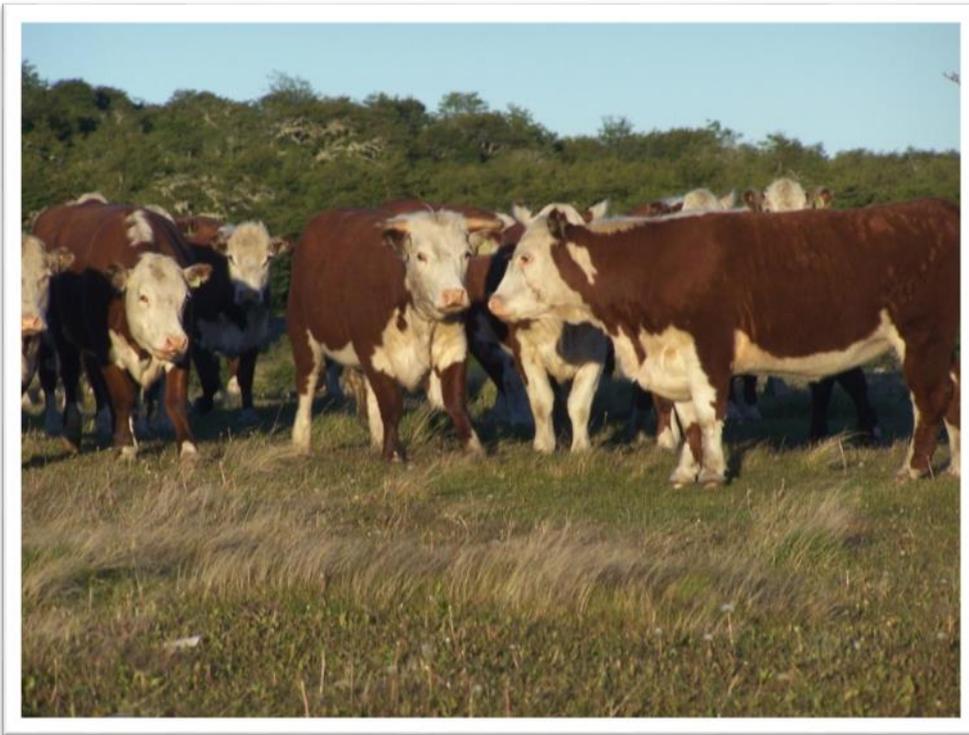
Las propuestas de raleo para los bosques de ñire (Fig. 3) se han definido a partir de parcelas de monitoreo a largo plazo, según el manejo silvícola planteado. En Tierra del Fuego, el raleo intensivo en los bosques secundarios permitió aumentar las tasas de crecimiento de los árboles y duplicar la radiación a nivel del sotobosque que potencian el manejo Silvopastoril (Martínez Pastur et al., 2018). En parcelas permanentes de Santa Cruz, en un rodal puro de ñire en fase de crecimiento óptimo inicial (41 ± 6 años de edad), una densidad original de 4055

árboles/ha, con una altura dominante de 5,2 m, un DAP promedio de 12,6 cm y un área basal de 29 m²/ha, con un raleo fuerte (densidad final de 1551 árboles/ha y cobertura del dosel remanente del 40%) se lograron incrementos significativos en DAP (2,1 y 3,5 mm/año para el rodal testigo y raleado, respectivamente) y un crecimiento en volumen de 4,3 m³/ha/año (Peri et al., 2013).

Los volúmenes totales aprovechados de los raleos en bosques de ñire bajo uso silvopastoril de Santa Cruz fueron superiores en rodales con un remanente de transmisibilidad luminosa de ~60% (de 64 a 220 m³/ha dependiendo de la calidad de sitio) comparado con aquellos de una transmisibilidad luminosa del ~30%, pero con similares porcentajes de madera destinada a aserrado (15%), a postes y varas (30%) y leña (55%) (Peri et al., 2005b). Por su parte, el potencial de cosecha y el rendimiento industrial de ñirantales de Tierra del Fuego fueron analizados por Martínez Pastur et al. (2008) en rodales cuya área basal original fue de 59 m²/ha con una intensidad de raleo que dejó un remanente de 30 m²/ha. El volumen cosechado fue de 102 m³/ha, y el rendimiento en aserradero varió con la calidad y el tamaño de las trozas desde 34% para trozas >30 cm de diámetro en punta fina de calidad alta (pudrición blanca <10% en la peor cara, pudrición parda <30%, mancha <50%, flecha <3 cm/m, rajaduras <50 cm y sin fustes retorcidos) a 4% para trozas de baja calidad. Las trozas de mejor calidad produjeron 9% de tablones, 21% de tablas, 49% de tirantes, 5% de madera corta y 16% de madera para pallet. Los resultados sugieren la posibilidad de incorporar al aserrado sólo trozas de alta calidad de cualquier diámetro, lo que representa rendimientos de cosecha de 50 m³/ha para bosques de calidad de sitio media-alta. Considerando sólo el punto de vista maderero, los rendimientos obtenidos pueden solventar la aplicación de los tratamientos silvopastoriles. La inclusión de madera para pallets (producto que usualmente no se produce en el aserradero) incrementó significativamente el rendimiento en el aserradero.

La continuidad del estrato arbóreo del bosque nativo de ñire tendrá los objetivos de mantener la productividad de pasto, el reparo para los animales, los servicios ambientales y conservar una producción diversificada. Basado en la cuantificación de la producción (fluctúa de <1 a 40 millones de semillas por hectárea) y calidad de semillas (4 a 45% de semillas viables, y de 1 a 35% de germinación), y la caracterización del banco de plántulas (incorporación, mortalidad y crecimiento) en bosques de ñire en diferentes calidades de sitio (Tejera et al., 2005; Peri et al., 2006a; Hansen et al., 2008; Soler Esteban et al., 2010, 2012; Bahamonde et al., 2013a, 2018b) se concluyen que la continuidad del estrato arbóreo bajo uso silvopastoril no puede asegurarse a través de la regeneración por semillas, por lo que fue necesario generar técnicas silviculturales que mantengan la sustentabilidad del sistema. En este sentido, una propuesta es la instalación de clausuras temporales de la regeneración pre-establecida por cepa, de semilla o raíz (o en sitios que no existiera regeneración, la forestación con plántulas de ñire obtenidas de vivero) que protejan las plantas del pastoreo y el ramoneo hasta que adquieran una altura superior a 2,5 m. Se estima que se deberá proteger de 2 a 5 renovales de ñire por ha/año hasta asegurar el reemplazo total de los individuos en fases de envejecimiento o con edades superiores a los 150 años.

Figura 3. Raleos en bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) y ganado vacuno en Tierra del Fuego.



Fuente propia.

Producción y calidad forrajera del sotobosque

La producción del sotobosque en sistemas silvopastoriles de ñire en la región patagónica sur tiene relación directa con la cobertura del dosel arbóreo, con la temperatura y régimen hídrico interactuando con los diferentes niveles de sombra. Por ejemplo, en la zona de El Foyel (Río Negro) se evaluó la producción del sotobosque de ñire en tres densidades de cobertura arbórea. Los resultados indican que en un bosque ralo (300 a 500 árboles/Ha), la producción de gramíneas fue mayor que en bosques de mayor densidad con una producción media fluctuando desde 1129 hasta 2909 Kg MS/Ha (Somlo et al. 1997). Para la misma zona, Sarasola et al. (2008a) determinaron para dos años de evaluación (2006-2007) que la productividad media forrajera del sotobosque varió desde 1106 Kg MS/ha para un bosque de ñire denso (60% de cobertura), desarrollándose en un suelo subhúmedo, a 2575 Kg MS/ha para un ñirantal ralo (30% cobertura) en sitios de suelos húmedos.

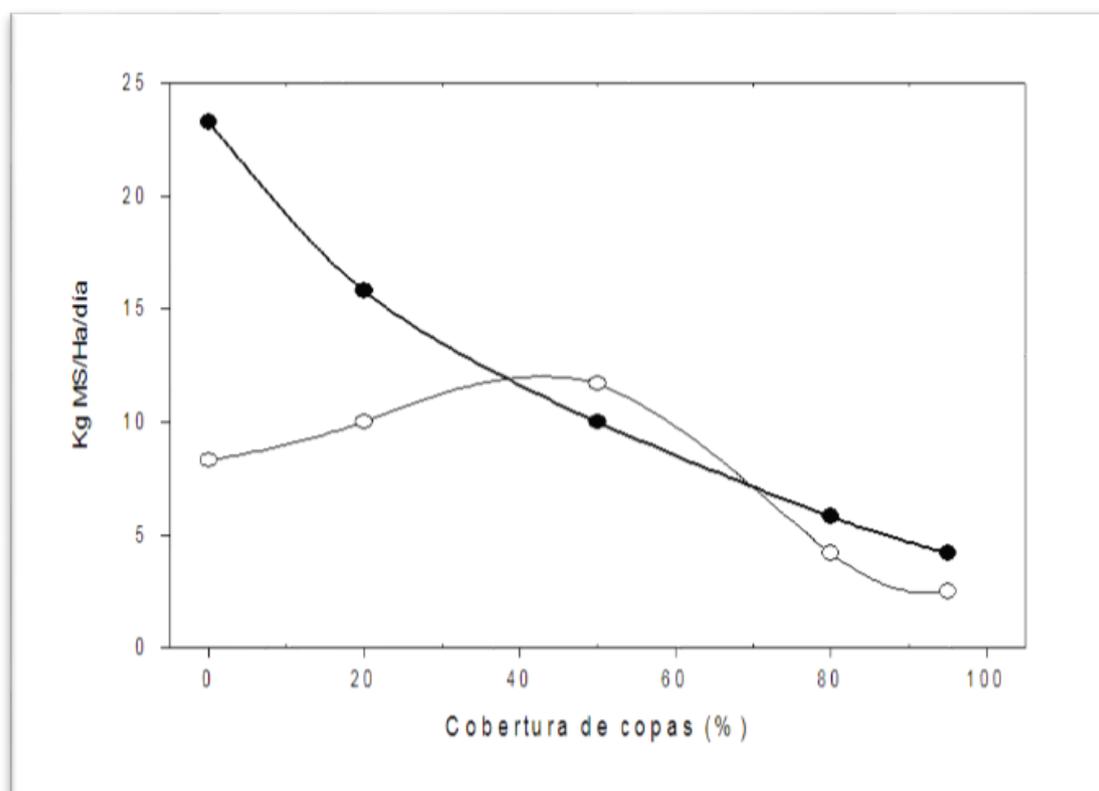
En Chubut, se evaluó la productividad forrajera y la composición por grupos de especies (gramíneas, leguminosas y otras especies) en bosques de ñire desarrollándose en distintas condiciones de sitio (húmedos correspondientes a bosques de 15 m de altura y secos correspondientes a ñirantales de 3-4 m de altura) y en distintas condiciones de cobertura arbórea (Fertig et al., 2007). Los sitios húmedos presentaron una disponibilidad media 2,5 veces mayor que los sitios secos (1288 vs 565 Kg MS/ha), y las situaciones entre copas presentaron una disponibilidad total promedio (1217 Kg MS/ha) superior a las situaciones de cobertura de copas densas (418 Kg MS/ha). Además, Fertig et al. (2009) determinaron que la disponibilidad forrajera total, luego de cuatro años de realizados los raleos, se incrementó desde un 75% en los sitios secos (bosque bajo, <4m de altura, 50% cobertura) hasta casi 5 veces en los sitios intermedios (bosque medio de 4 a 8m y 40% cobertura). En ambientes húmedos (bosque alto mayor a 8m de altura), los autores detectaron que la producción del sotobosque aumentó desde 808 Kg MS/ha (bosque testigo sin raleo) a 2002 Kg MS/ha (50% cobertura), determinado por un incremento principalmente en la disponibilidad de gramíneas y leguminosas.

En Patagonia Sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego) en el límite entre estepa y bosque, el clima determina un régimen con un fuerte déficit hídrico coincidente con la estación de crecimiento. En estos sitios, el pastizal sometido a un sombreado y a la protección del efecto desecante de los fuertes vientos presenta menores tasas de transpiración y evaporación en comparación con sitios abiertos. Esta diferencia en la disponibilidad de agua en suelo en los sistemas silvopastoriles en comparación con pastizales de áreas sin árboles determinó una mayor productividad. Por ejemplo, en estos sitios de severo estrés hídrico se alcanzó la máxima tasa de crecimiento de materia seca con una cobertura de copas del 55% (Fig. 4). En contraste, con un régimen de precipitaciones más favorable se detectó una disminución de la tasa de crecimiento de materia seca de la pastura aproximadamente lineal con el aumento de la cobertura de copas desde 23,3 Kg MS/Ha/día en pastizales creciendo en la zona adyacente sin árboles a 4,2 Kg MS/Ha/día con un 95% de cobertura de copas. Sin embargo, la presencia de árboles en estos sitios disminuyó el daño directo ocasionado por las heladas y/o acumulación de nieve sobre el pastizal. Por ello, los períodos vegetativos de los pastos se alargan en los sistemas silvopastoriles comparados a los de un pastizal abierto, modificando de

esta manera el tiempo de oferta forrajera para los animales. Por su lado, Bahamonde et al. (2012a) determinaron que la relación entre variables ambientales y la producción de forraje fue diferente dependiendo de las clases de sitio. En general, en los sitios de mejor calidad se encontró una relación positiva con la radiación fotosintéticamente activa, temperaturas de aire y/o suelo.

La respuesta diferencial en la producción de materia seca de acuerdo a los diferentes niveles de sombra y estrés hídrico nos brinda una herramienta de criterio para determinar la intensidad de raleo, pudiendo ser más intenso en sitios con moderado o sin estrés hídrico. Además de los aspectos biológicos mencionados, también es importante determinar la factibilidad económica del sistema.

Figura 4. Tasa media de producción de materia seca (MS) del pastizal desarrollándose en sitios de ñirantales con distintos grados de cobertura de copas y zonas adyacentes sin árboles (0% cobertura).



El sitio con estrés hídrico severo (○) se correspondió con una humedad media del suelo hasta los 25 cm de profundidad inferior a 16% durante el principal periodo de crecimiento (octubre-abril) y el sitio con estrés hídrico moderado (●) con una humedad media del suelo superior a 19% (Peri et al., 2005a).

Además, existen antecedentes de producción de materia seca del pastizal mejorado a través de la introducción de pasturas forrajeras de alto rendimiento en sistemas silvopastoriles de ñire con diferentes niveles de radiación (Peri et al., 2005b). La magnitud de la mejora en la productividad del pastizal con pasturas de trébol blanco (*Trifolium repens*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) estuvo en función del grado de sombreamiento (Tabla 2). Por ejemplo, mientras que en sitios adyacente sin árboles (100% transmisibilidad luminosa) el aumento de producción

de biomasa con la introducción de especies forrajeras representó un 35%, en el sistema silvo-pastoril con un 30% de transmisibilidad luminosa dicho aumento fue del 20% (Tabla 2).

Tabla 2. Producción de materia seca del pastizal mejorado a través de la introducción de pasturas forrajeras de alto rendimiento en sistemas silvopastoriles de ñire con diferentes niveles de radiación

Tipo de pastizal	(Kg MS/ha)		
	Descampado	SS 60%	SS 30%
Pastizal	970 (69)	820 (54)	710 (38)
Pastizal con pastura mejorada	1300 (85)	1170 (67)	860 (45)

*Producción de materia seca (Kg MS/ha) del pastizal y el pastizal mejorado con trébol blanco (*Trifolium repens*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) correspondiente al rebrote de primavera (Septiembre-Octubre) para el sitio adyacente sin árboles (100% transmisibilidad luminosa) y para sistemas silvopastoriles con 30 (SS 30%) y 60% de transmisibilidad luminosa (SS 60%). Entre paréntesis se presenta el desvío estándar de la media (Adaptado de: Peri et al., 2005b).*

En forma similar a la productividad, Peri et al. (2005b) determinaron que la proteína bruta (PB) del pastizal de los ñirantales varió según la interacción entre los factores sitio e intensidad lumínica que ingresa al sotobosque, con un rango entre 8,2 y 12,2%. En general, el contenido de PB fue mayor en los niveles de sombra severa (10% de transmisibilidad) y en aquellos sitios de menor estrés hídrico. En contraste, la digestibilidad *in vitro* del pastizal (DIVMO) no presentó diferencias frente los diferentes niveles de sombra (Peri et al., 2005b). Mientras que los bajos valores anuales promedios de DIVMO (55,6%) se detectaron en sitios o períodos de mayor déficit hídrico, la mejor digestibilidad media del pastizal (68,9%) se observó en los sitios de menor estrés hídrico. Por su lado Peri y Bahamonde (2012), al analizar los promedios anuales de DIVMO y relacionarlos con los diferentes factores ambientales encontraron que la humedad volumétrica del suelo y las temperaturas de aire y suelo fueron las variables que más explican su variación. Por otro lado, en el mencionado estudio también se encontró una fuerte relación ($R^2=0,84$; $P<0,05$) entre la DIVMO de las forrajeras y la calidad forestal de los rodales, es decir, de la misma manera que la producción de MS era mayor en lugares donde los árboles crecían más, también la calidad nutricional del forraje se vio incrementada.

Peri et al. (2012) evaluaron la producción y calidad del sotobosque mejorado con trébol blanco considerando las variaciones espaciales de micrositos (bajo y entre copas) dentro del sistema silvopastoril comparado con un pastizal aleaño sin árboles (Tabla 3). Mientras que la mayor productividad del pastizal y su contenido de PB estuvieron relacionados positivamente con un mayor contenido de humedad del suelo (humedad volumétrica en los primeros 20 cm) y una mayor radiación, la DIVMO estuvo solo asociada con la humedad del suelo. El trébol blanco demostró ser sensible al estrés hídrico (verano) y las bajas temperaturas (inicio de primavera y otoño) con una reducción de la tasa de crecimiento de hasta cuatro veces, y su producción se redujo aproximadamente un 35% a niveles de sombreado de 20% de transmisibilidad lumínica. Por otro lado, en ensayos con siembra de especies forrajeras con diferentes niveles de fertilización (0, 100 y 200 Kg de N/ha en el caso de las gramíneas y de 0, 50 y 100 kg/ha de P para leguminosas) y dos niveles de riego (se-

cano vs. Irrigado con aplicación de una lámina total de 90 mm), se obtuvo la mayor producción con *Dactylis glomerata* con riego y nivel medio de fertilización (6347 kg MS/ha/año) seguido por el estrato herbáceo natural con riego y máximo nivel de fertilización (5729 kg MS/ha/año) y *Trifolium pratense* con riego y sin fertilizante (5207 kg MS/ha/año) (Gargaglione et al., 2012).

Tabla 3. Producción y calidad del sotobosque mejorado con trébol blanco considerando las variaciones espaciales de micrositios (bajo y entre copas) dentro del sistema silvo-pastoril comparado con un pastizal aledaño sin árboles.

Tratamiento	Trébol (kg MS/ha)	Latifolia- das (kg MS/ha)	Gramí- neas (kg MS/ha)	Material senescente (kg MS/ha)	Produc- ción Total (kg MS/ha)	PB (%)	DIVM O (%)
Pastizal sin árboles	1380 a	620 ab	1020 a	710 a	3730 a	20,9 a	79.2 a
SSP 70% (entre copas)	1360 a	990 a	890 a	830 a	4070 a	20,3 a	80.2 a
SSP 20% (bajo copas)	890 b	480 b	410 b	390 b	2170 b	18,1 b	79.1 a

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$) entre coberturas (transmisibilidad). Producción total y por componentes de materia seca (kg MS/ha/año) del pastizal con trébol blanco (*Trifolium repens*), y valores medios de proteína bruta (%PB) y digestibilidad in vitro (%DIVMO) correspondiente al período de crecimiento (Octubre-Mayo) y dos años de medición (2007-2008 y 2008-2009) para un sitio adyacente sin árboles (100% transmisividad luminosa correspondiente a un promedio de radiación total en el período de crecimiento de 36,3 mol/m²/día) y para sistemas silvopastoriles en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) con 20 (SSP 20%) y 70% de transmisividad (SSP 70%). La humedad del suelo promedio (20 cm) durante el período de crecimiento fue de 29,9, 32,5 y 34,0% para las situaciones bajo copa, área sin árboles y entre copas, respectivamente.

Fertig et al. (2009) determinaron el efecto del raleo sobre la calidad forrajera en distintos ambientes de ñire en el noroeste de la provincia de Chubut. Mientras que el contenido de proteína bruta (PB) disminuyó en los sitios húmedos raleados (50% cobertura) respecto al bosque sin intervenir (6,94 vs. 8,90%) debido probablemente a la dilución provocada por el crecimiento, la Fibra Detergente Neutro (FDN) aumentó (47,33 vs. 40,75%) lo cual podría provocar una disminución en el consumo potencial del ganado. Por su parte, los valores de Fibra Detergente Ácido (FDA) no presentaron diferencias en los rodales raleados (promedio 37,65%).

Por otro lado, para garantizar el uso silvopastoril de los ñirantales a nivel predial es necesario incorporar la evaluación de pastizales dentro del Plan de Manejo del sistema, ya que provee información para optimizar la producción ganadera y evitar el deterioro del sistema por sobrepastoreo. La evaluación de pastizales dará lugar a la Planificación del Pastoreo, el cual consiste en determinar el número de animales (carga animal) y la época de uso de cada potrero. Recientemente se ha logrado desarrollar un método de evaluación de pastizales (Ñirantal Sur- *San Jorge*) adaptado al ecosistema de ñirantales en Patagonia Sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego), el cual sirve como herramienta técnica para estimar la capacidad de carga animal en sistemas silvopastoriles a nivel predial (Pérez, 2009a, 2020). El mismo se basó en la estimación de la Producción Primaria Neta Anual Potencial (PPNAP) del pastizal para diferentes condiciones del ñirantal y momentos de uso (primavera o pico

de biomasa, verano, otoño e invierno), siendo a su vez de fácil uso, ya que las únicas variables que deben tomarse a campo son la cobertura de copas, la clase de sitio expresado por la altura promedio de los árboles dominantes y la cantidad de residuos leñosos.

Para acompañar el entendimiento de la respuesta de producción de materia seca del sotobosque, se evaluó las variaciones microclimáticas (temperaturas del aire y suelo, humedad relativa del aire, velocidad de viento y precipitaciones) en bosques de ñire bajo uso silvopastoril desarrollándose en dos clases de sitio, comparados con áreas sin cobertura arbórea en Patagonia Sur (Bahamonde et al., 2009). Además, se generó un modelo que predice a escala de rodal la producción de materia seca y la variación en la concentración de proteína bruta de gramíneas en sistemas silvopastoriles en bosques de ñire, considerando variables ambientales como las temperaturas de aire y suelo, humedad de aire y suelo, calidad de sitio y cobertura de copas, entre otras (Bahamonde et al., 2014).

Producción y manejo animal

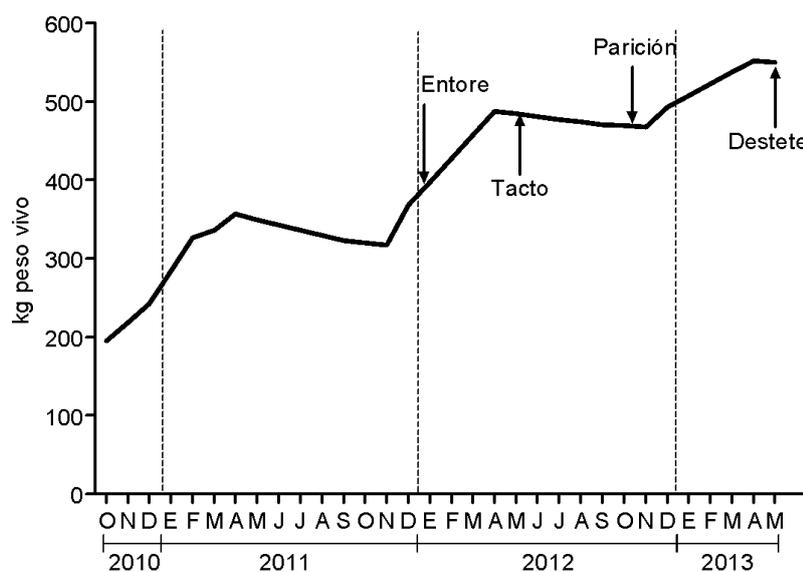
El sistema de producción con bovinos y mixto (bovino+ovino) representa el 78% de los establecimientos con ñire de Santa Cruz y Tierra del Fuego, con valores de carga animal que fluctúan entre 0,60 y 0,65 ovejas/ha, y donde más del 75% de las estancias presentan un manejo de los potreros en veranadas e invernadas (Ormaechea et al., 2009). Estimaciones de productividad en ñirantales de Chubut, arrojan valores de 14 Kg de carne vacuna/ha/año, lo cual aparece como un piso potencialmente mejorable ante las condiciones agro-ecológicas del área (Fertig, 2006). Para los establecimientos ganaderos ovinos de Patagonia Sur, el promedio del porcentaje señalado es del 75% y la producción media de lana por animal de 4,7 Kg/animal (Ormaechea et al., 2009). La principal dieta en la que se basa la producción ganadera (ovinos y bovinos) pastoreando los bosques de ñire a lo largo del año son las gramíneas y gramínoideas (56-90%) donde se destacan *Poa pratensis*, *Festuca pallescens*, *Holcus lanatus* y *Carex* sp. (Manacorda et al., 1996; Bonino, 2006).

Existen antecedentes de ensayos que cuantifican la respuesta de ovinos (ovejas Corriedale de 4 años de edad) y bovinos (vaquillonas Polled Hereford de 14 meses de edad) frente a la variación de los atributos del pastizal para dos coberturas arbórea (40 y 60%) y pastoreando hasta dos condiciones de residual del pastizal (óptimo y sub-óptimo) en sistemas silvopastoriles de ñire en Santa Cruz (Peri et al., 2006b; Peri, 2008). En ambos estudios, se midió la ganancia de peso vivo (GPV) individual (gr/animal/día) y por hectárea (Kg/ha/día) durante el mes de diciembre coincidente con el pico de biomasa del pastizal y en parcelas de 0,7 ha. Si bien no hubo diferencias significativas en GPV diario individual entre diferentes coberturas del sistema silvopastoril, las GPV disminuyeron entre un 50% (para el caso de ovinos) y 86% (para bovinos) cuando los animales pastorearon hasta un residual sub-óptimo. La mayor disponibilidad de pasto en el sistema silvopastoril con 40% de cobertura de copas permitió una carga animal más alta que el potrero con 60% de cobertura, resultando en una GPV por hectárea significativamente mayor para animales pastoreando hasta un residual óptimo (29,9 vs. 17,1 Kg/ha/día para bovinos y 3,8 vs. 2,4 Kg/ha/día para los ovinos).

El manejo del pastoreo tiene una gran importancia en la producción ganadera. En Chubut se analizó los efectos de un sistema de pastoreo continuo (potrero de 10,1 ha) y un pastoreo rotativo (cuatro parcelas de 2,7 ha) durante 82 días en novillitos y vaquillonas Hereford de alrededor de 13-15 meses de edad en un ñirantal alto y abierto con un pastizal conformado por especies de alto valor forrajero como *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Trifolium pratense* (trébol rojo) y *Trifolium repens* (trébol blanco) (Fertig, 2006). Si bien no hubo diferencias en la ganancia promedio de peso individual (~1 Kg/día/animal) entre sistemas, la producción de carne por unidad de superficie (219 Kg/ha) y la eficiencia de cosecha (57%) bajo pastoreo rotativo fueron mayores que en el sistema continuo (174 Kg/ha y 40%).

Si bien se avanzó en la cuantificación de la producción del componente animal en estos sistemas silvopastoriles, los estudios fueron realizados en superficies pequeñas (potreros entre 0,7 y 10,1 ha) y en períodos cortos (20 a 82 días). Ormaechea et al. (2014) cuantificaron la producción animal de ovinos (cordero y lana) a escala espacial (establecimiento) y temporal (ciclo productivo) real de producción durante 2 años, donde se determinó las ventajas del manejo propuesto en la producción y calidad de lana principalmente bajo inviernos más rigurosos. Por su lado, Ormaechea et al. (2018) han puesto a prueba a escala de establecimiento y ciclo completo una propuesta de manejo bovino que incorpora la evaluación de pastizales, la separación de ambientes y el pastoreo rotativo, evaluando diversos indicadores como el porcentaje de preñez y destete, evolución de peso (Fig. 5), hábitos dietarios, comportamiento animal, incidencia de parásitos, compactación de suelos y cambios en la composición botánica del pastizal. Los resultados han mostrado la viabilidad de la propuesta de manejo y sus ventajas: Preñez: 94,4%, Destete: 93,1%, Producción de carne: hasta 1,22 Kg/animal/día y 73 Kg/ha, y mayor mansedumbre del ganado.

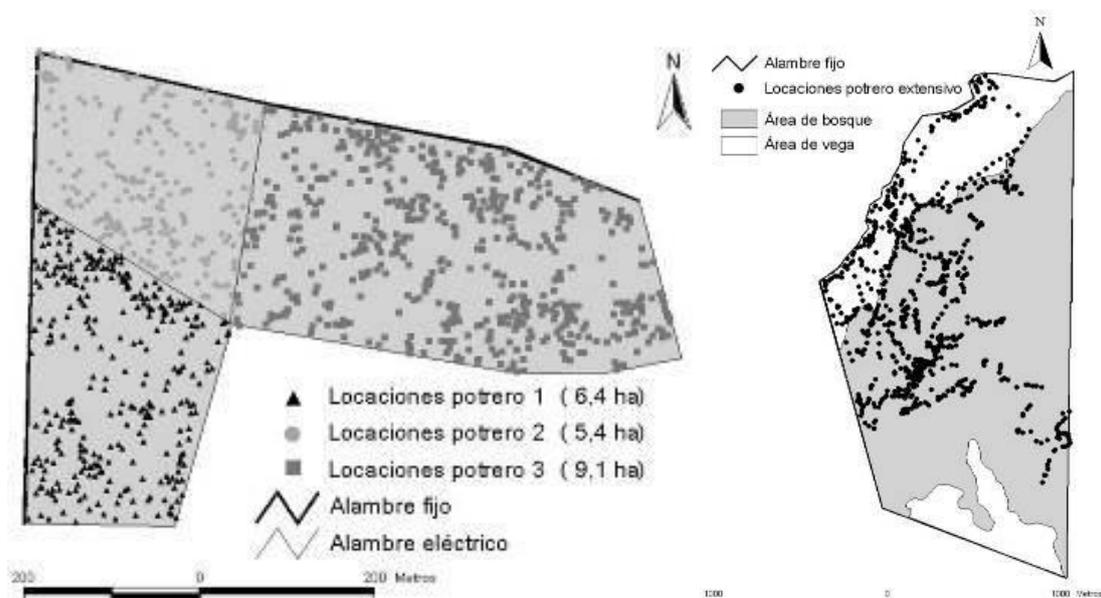
Figura 5. Evolución de peso de vacunos desde los 12 a los 43 meses de edad bajo Manejo Silvopastoril Intensivo en Ea San Pablo, Tierra del Fuego.



Fuente: Ormaechea et al., 2018.

Otro aspecto importante en el manejo animal es conocer el uso espacial de los potreros, ya que los mismos presentan en general diferentes comunidades vegetales (bosque, vegas o mallines, y pastizal natural). El manejo extensivo de animales en grandes cuadros (1000 ha) permitiría al animal seleccionar diferentes sitios para el pastoreo, lo que comúnmente implica un sobrepastoreo de las comunidades vegetales más preferidas, y también la subutilización de sectores que pierden calidad forrajera a medida que avanza la estación de crecimiento. Es posible suponer que al pastorear áreas más pequeñas con el mismo número de animales estos tenderían a usar íntegramente todo el recurso forrajero sin sobrecargar algún área en particular. Esto determinaría una mayor eficiencia de cosecha y uso de la superficie logrando consecuentemente mayores ganancias de carne por unidad de superficie. Ormaechea et al. (2012) evaluaron el uso espacial de los pastizales por parte de bovinos con el uso de collares de geoposicionamiento satelital bajo dos manejos en un establecimiento ganadero de Tierra del Fuego: el tradicional o extensivo utilizado en la zona y un manejo propuesto donde se intensifica el pastoreo a través de potreros más pequeños utilizando alambre eléctrico y una mayor frecuencia de movimientos. Los resultados demostraron una homogeneidad de uso mayor en potreros de menor tamaño (Fig. 6), determinando para los animales bajo manejo intensivo un valor superior a 80% de la relación entre el área explorada media diaria y la superficie de los potreros utilizados, comparado con valores inferiores al 30% para el manejo tradicional. En el manejo intensivo además se evidenció un marcado efecto del amansamiento del rodeo, lo que determinó un menor requerimiento de días dedicados al arreo y junta de animales en la época otoño-invernal.

Figura 6. Ejemplo de locaciones grabadas a través del uso de collares GPS en vacunos en primavera para los potreros extensivo (348 ha de bosque y 150 ha de vega) e intensivo (solo bosque de ñire, 20,9 ha) al cabo de 8 días de medición en estancia San Pablo, Tierra del Fuego

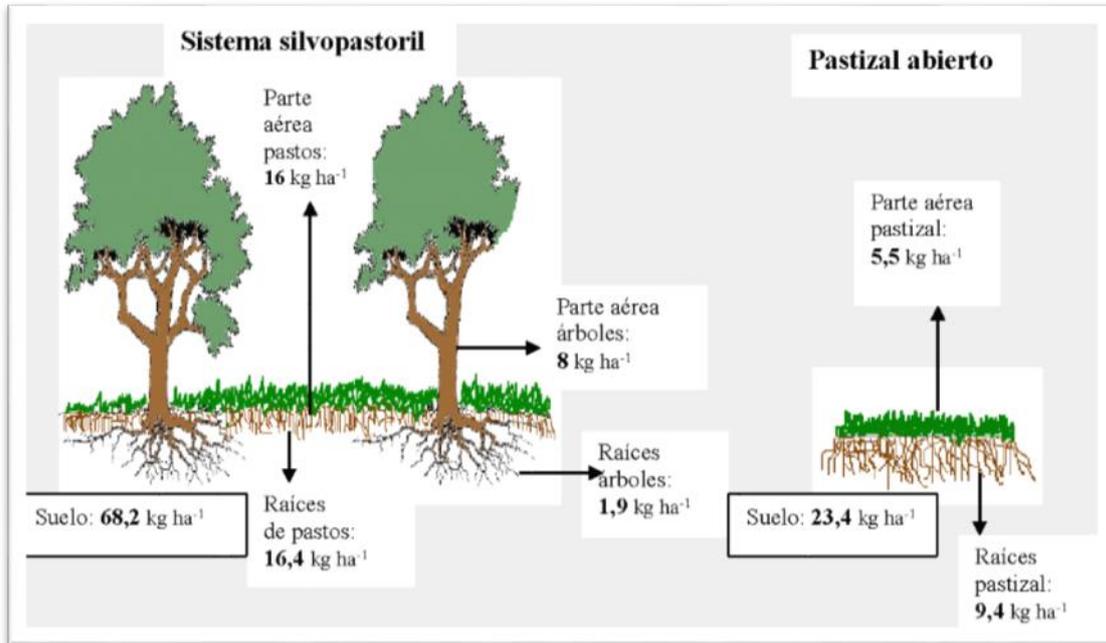


.Fuente: Ormaechea et al. (2012)

Carbono y nutrientes

Existe un importante avance en el conocimiento de los sistemas silvopastoiles de ñire en lo que respecta a la dinámica y cambios en la compartimentalización aérea y subterránea de la biomasa y macro nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) para gradientes de edad (desde fase de regeneración-5 años a fase de envejecimiento- 220 años), clases de copa (dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos) y clases de sitio (*Clase de Sitio V* con altura de árboles dominantes menor a 6 m hasta *Clase de Sitio III* con alturas entre 8 y 10 m) (Peri et al., 2005c, 2006c, 2008a; Gargaglione et al., 2008, 2009, 2013). Mientras que la biomasa total acumulada varió, según la calidad de sitio y edad del rodal, desde 60,8 a 394,1 ton/ha, la acumulación total de nutrientes fluctuó entre 660 y 1258 Kg/ha. Es importante resaltar que la proporción de biomasa y de la mayoría de los macronutrientes del componente subterráneo fue superior al 50% en la fase de regeneración en todos los sitios estudiados. En sitios marginales, mientras que la concentración de nutrientes siguió el orden: hojas > corteza > raíces medias > ramas finas > raíces finas > albura > raíces gruesas > duramen, el orden de la acumulación de nutrientes en rodales maduros fue Ca > N > K > P > Mg > S (Peri et al., 2008a). Respecto al N, Gargaglione et al. (2014) determinaron que a nivel sistema la mayor cantidad de ^{15}N fue retenida en el suelo y que en el sistema silvopastoril el estrato arbóreo absorbió un 69% menos de ^{15}N aplicado en comparación al estrato herbáceo (Fig. 7). Asimismo, se observó que el sistema silvopastoril recuperó cerca de un 65% más del ^{15}N aplicado comparado con el pastizal abierto. Esto se produjo por una mayor retención en los componentes suelo y herbáceo, además de la absorción de los árboles. El estrato herbáceo del sistema silvopastoril si bien produjo menores cantidades de biomasa debido a que se encuentra limitado por el factor luz, fue capaz de absorber mayores cantidades de ^{15}N . Estos resultados indicarían un mayor aprovechamiento del N disponible por parte del sistema silvopastoril en comparación al pastizal abierto. Por lo tanto, para el recurso N, los árboles no producirían un fuerte efecto negativo (competencia) sobre el estrato herbáceo, sino que mediante la creación de un ambiente más favorable (mayor humedad disponible en el suelo y por ende aumento en absorción de agua y nutrientes) o bien por medio del aporte de detritos que modifican la relación C/N reduciendo la competencia por éste con los microorganismos, favorecerían la absorción de N por parte del pastizal. Esto, sumado al hecho de que los árboles aportan anualmente una cantidad considerable de N mediante la caída de hojarasca al suelo, determinó que probablemente en ñirantales de uso silvopastoril existe un efecto de facilitación del N por parte de los árboles hacia el estrato herbáceo circundante (Gargaglione et al., 2014).

Figura 7. Diagrama de un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* vs. un pastizal abierto respecto a la cantidad de 15N ha⁻¹ que fue retenida por cada componente (parte aérea de árboles, raíces de árboles, parte aérea del pastizal, raíces del pastizal y suelo)



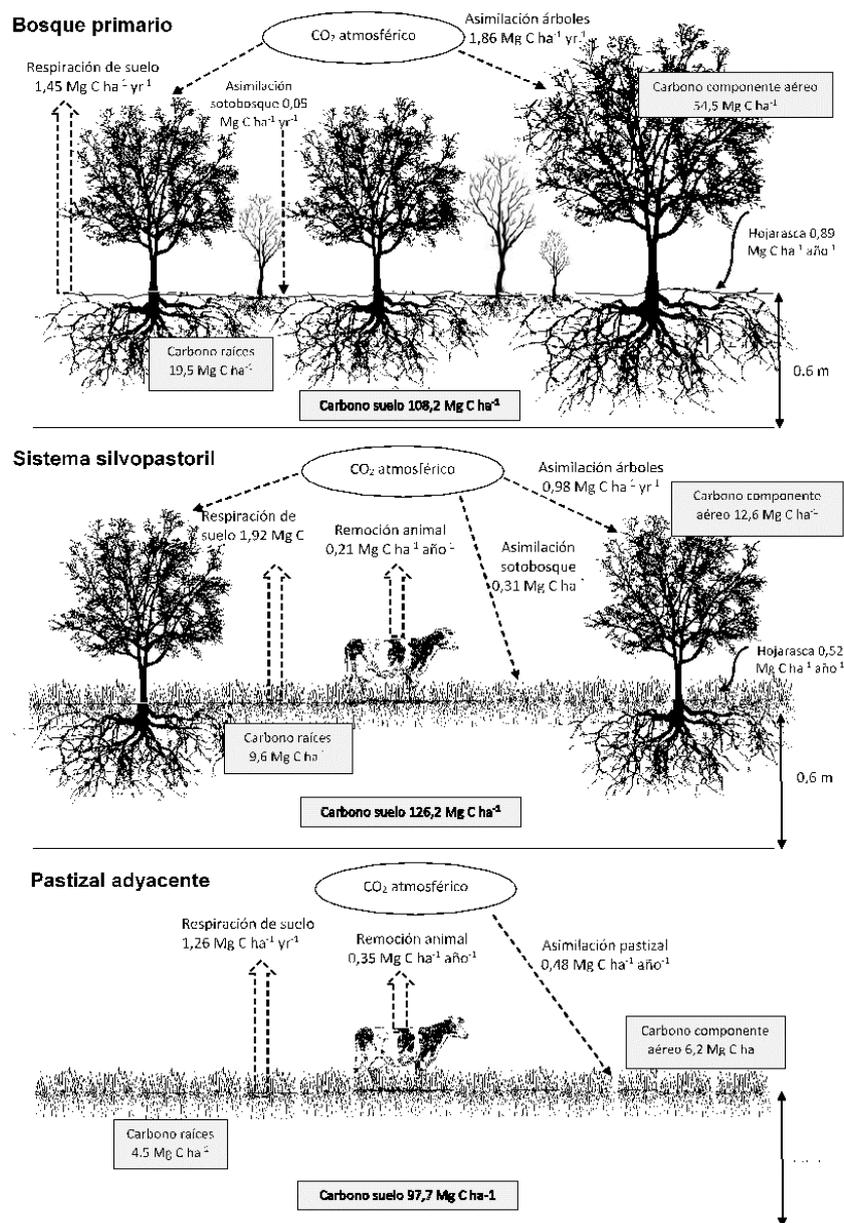
Información adaptada de Gargaglione et al., 2014.

Este tipo de información puede ayudar a cuantificar el impacto de diferentes prácticas silvícolas y establecer pautas de manejo que tiendan a mantener la productividad del sistema silvopastoril en ñirantales a largo plazo. Por ejemplo, si el raleo forma parte del manejo silvícola, sería conveniente descortezar los fustes antes de retirarlos, evitando de esta manera la exportación fundamentalmente de Ca del sistema. Asimismo, al raleo y extraer árboles quedaría en el subsuelo las raíces que, al descomponerse, aportaría P que puede ser aprovechado por las pasturas. Con respecto al N, se podría hacer un raleo por lo bajo con una intensidad de extracción de hasta el 75%, ya que el aporte de solo los árboles dominantes alcanza para cubrir los requerimientos del pastizal. Sin embargo, numerosos factores afectan la disponibilidad efectiva de nutrientes al pastizal y al sistema en general, entre ellos, las tasas de descomposición, mineralización, el contenido de lignina, etc. En este sentido, existen antecedentes donde se cuantificó el aporte anual, la distribución espacial y temporal de hojarasca (1300 a 2000 kg MS/ha/año) y retorno potencial de nutrientes en bosques de ñire bajo manejo silvopastoril desarrollándose en diferentes clases de sitio (Peri et al., 2008b; Bahamonde et al., 2015), e información sobre tasas de descomposición y mineralización en bosques de ñire con uso silvopastoril (Bahamonde et al., 2012b, 2013b).

Entre los principales servicios ambientales de los bosques nativos de Argentina se incluye la capacidad de fijación de gases de efecto invernadero. Dada la extensa área de tierra actualmente gestionada como sistemas de producción de rumiantes en Patagonia, el potencial para la mitigación del cambio climático a través del secuestro de C por los sistemas silvopastoriles toma gran relevancia. Para estos ecosistemas se cuantificó la distribución aérea y subterránea de carbono (C) de árboles individuales de ñire en diferentes fases de desarrollo (desmorona-

miento-220 años, envejecimiento-152 años, crecimiento óptimo final-85 años, crecimiento óptimo inicial-45 años, regeneración-5 años) y clases de copa (dominante, codominante, intermedio, suprimido), y la distribución de C en el perfil del suelo hasta una profundidad de 0,6 m (Peri et al., 2005d; 2010, 2017). El total de C almacenado varió entre 108,4 a 182,2 Mg C/ha para pastizales y bosques nativos, respectivamente (Fig. 8). El C almacenado en SPP presentó un valor intermedio de 148,4 Mg C/ha, encontrándose el C distribuido de la siguiente manera: 85% en el suelo, 7% en biomasa radicular y 8% en biomasa aérea.

Figura 8. Principales reservas de carbono (C) y flujos de C en a) bosque primario de *Nothofagus antarctica*



Densidad media del rodal: $960 \text{ árboles ha}^{-1}$; Clase de sitio V: rodales donde la altura total media del árbol dominante (Hd) alcanza los $5,8 \text{ m}$; edad rodal $195 \pm 15 \text{ años}$; b) Sistemas silvopastoriles de *N. antarctica*: $175 \text{ árboles ha}^{-1}$ (80% árboles dominantes y 20% co-dominantes); Hd de $5,6 \text{ m}$, edad rodal $188 \pm 21 \text{ años}$; y c) pastizales adyacentes abiertos en la Patagonia Austral. Los recuadros indican stock de C y las flechas indican el flujo de C.

Conservación del ñirantal bajo uso silvopastoril

Los sistemas silvopastoriles en los ñirantales de Patagonia son sistemas productivos desarrollados en bosques nativos, por lo que es estratégico asegurar su sustentabilidad. El sistema de Criterios e Indicadores (C&I) permite abordar la complejidad de los sistemas silvopastoriles en forma jerárquica y lógica, otorgando herramientas para el monitoreo y fijando pautas de manejo (Rusch et al. (2009a). En este contexto, es importante contemplar (i) diseños adecuados de densidad de caminos, (ii) áreas de protección para el mantenimiento de la biodiversidad y servicios ambientales del bosque nativo, y (iii) sistemas permanentes de monitoreo que nos brinden información para mitigar los posibles efectos negativos de las intervenciones en el ñirantal y así elaborar protocolos de manejo que faciliten su sustentabilidad. Según Rusch et al. (2009b), dos aspectos principales son claves para la sustentabilidad de los sistemas silvopastoriles en ñirantales: el mantenimiento de la capacidad productiva de los componentes arbóreo y forrajero, y el mantenimiento o mejora del bienestar de los actores asociados al manejo. Respecto a los cauces de ríos y arroyos se deberá dejar una zona de protección de 15 a 60 m (Rusch et al. 2004). Se deberá evitar que las vías de saca de madera crucen cauces de ríos o arroyos o humedales. Los márgenes de lagunas y cauces deberían mantener la vegetación arbórea o arbustiva original minimizando las aberturas para el consumo por parte de los animales. Además, la propuesta de manejo podría incluir la formación de bosques coetáneos en etapas sucesivas (cada 20 años, por ejemplo) de manera de establecer, a una escala de predio, bosques disetáneos que permitan mantener en todo momento bosques maduros e individuos en desmoronamiento que favorezcan la biodiversidad del sistema. En este sentido, para el mantenimiento de aves insectívoras de tronco deberán dejarse individuos enfermos y muertos; y mayores a 40 cm de diámetro para el anidamiento de aves como el carpintero magallánico o la lechuza ñacurutú (Gallo et al., 2004; Rusch et al., 2004). Asimismo, las áreas de mantenimiento de arbustos permitirán la conservación de numerosas especies de aves e insectos (Rusch et al. 2004). Sugerencias y detalles respecto a este tema se encuentran en Rusch et al. (2004, 2009a, b), Gallo et al. (2004) y Carabelli y Peri (2005).

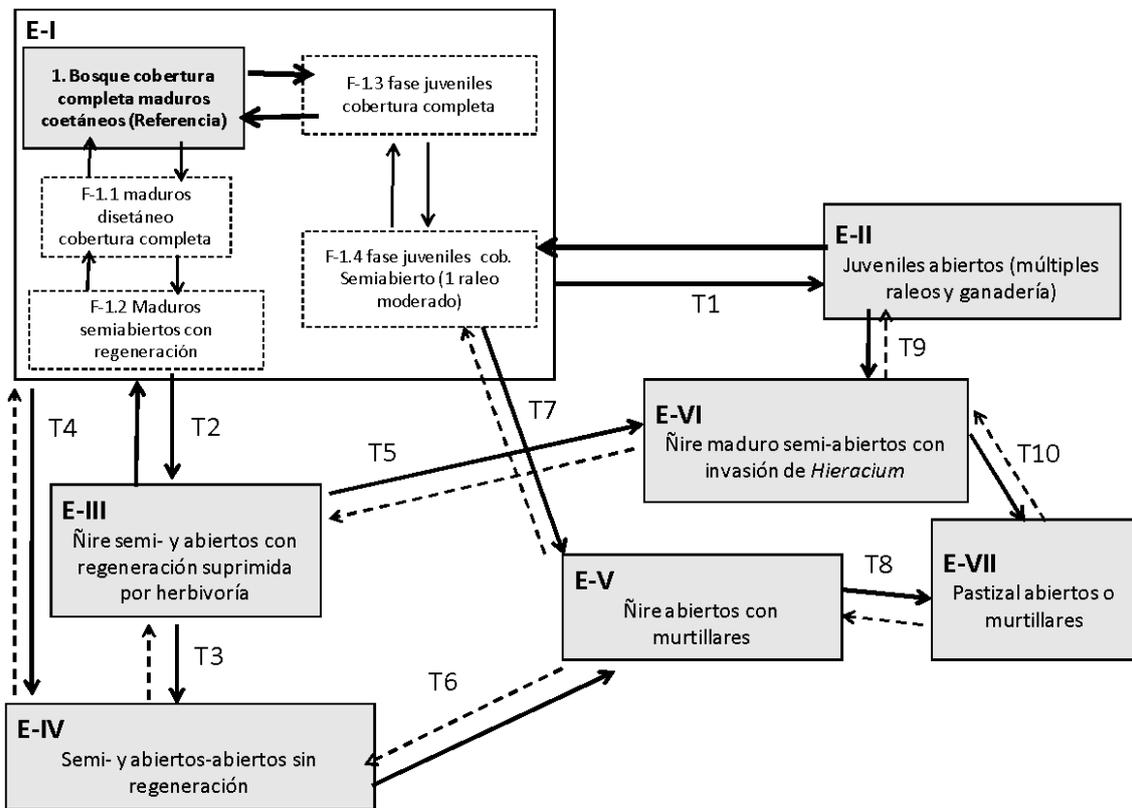
Además, para mantener en el largo plazo los principales servicios ecosistémicos del bosque se desarrolló un modelo de los estados y transiciones (ME&T) para los bosques de ñire en el sur de la Patagonia (Fig. 9) basado en variables estructurales y funcionales, donde se definieron 7 estados y 10 transiciones negativas, los factores que disparan las transiciones y sus niveles asociados al pastoreo, incendios y extracción intensa de madera (Peri et al., 2017c). Los bosques maduros de ñire con baja utilización de pastoreo, nula actividad extractiva y con coberturas completas (>70%) corresponde al estado de referencia o la condición de mayor integridad, y el pastizal o murtillar (dominancia de *Empetrum rubrum*) con pérdida de cobertura de bosque es considerado el estado de mayor degradación. Si bien la mayoría de las transiciones son irreversibles, algunas son factibles de recuperar a través de prácticas de manejo o restauración (por ejemplo, la protección de renovals de la presión de herbivoría del ganado podría permitir la recuperación de EIII a EI en la transición T2, Fig. 9).

Asimismo, se desarrolló un modelo de estados y transiciones (MEyT) para el bosque de ñire en el norte de la Patagonia, en el que se determinó 7 estados, 13 transiciones de degradación

y cuatro de restauración (Rusch et al., 2017). Los bosques más íntegros están dominados por ñire y caña (*Chusquea culeou*) y el estado más degradado lo componen estepas subarbustivas de cadillo (*Acaena splendens*). Los estados intermedios serían los más aptos para el uso silvopastoril (bosque abierto de ñire con caña y pastizal, y bosque de ñire con pastizal). El pastoreo, la extracción forestal, los incendios y las especies invasoras son los principales factores que disparan las transiciones de degradación.

El desarrollo de MEyTs permite contar con alertas tempranas del deterioro, visualizar los efectos del manejo y orientar las prácticas para mantener la composición y estructura del bosque dentro de los límites que contemplan los aspectos productivo y ambiental.

Figura 9. Modelo de Estados y Transiciones para bosques de ñire del Sur de Patagonia (Peri et al., 2017c).



Las cajas grises representan los estados (números romanos), las cajas con línea punteada las fases y las flechas las transiciones (números arábigos). Los sistemas silvopastoriles en Patagonia Sur podrían manejarse en los Estados E-I, E-II y E-III, acompañado con un diseño de distribución espacial adecuado y pautas de manejo claras.

Sistemas silvopastoriles en el parque chaqueño

La integración silvopastoril en bosques del Parque Chaqueño plantea una serie de desafíos para la planificación silvicultural, entre los cuales cabe destacar los siguientes: (i) La verificación de la posibilidad de aprovechamiento forestal en un rodal o potrero; (ii) El cálculo de la posibilidad real del bosque; (iii) La selección de árboles a cortar y el control de cosecha; (iv) La convivencia con los desarbustados necesarios para ganadería. Se desarrollan a continuación

algunas propuestas específicas para atender cada uno de estos desafíos, surgidas en su mayoría por la experiencia desarrollada por el INTA EEA Santiago del Estero.

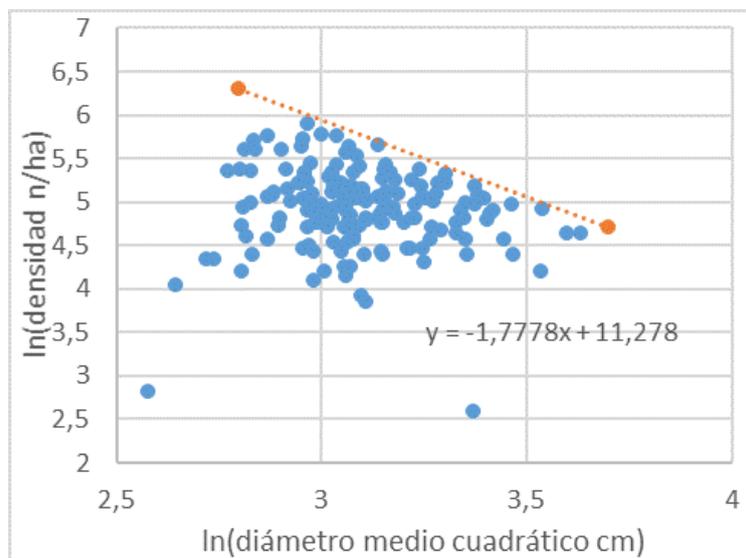
Determinación del stock relativo y factibilidad de corta

Para la verificación de la factibilidad de cortas de aprovechamiento, la legislación suele utilizar mecanismos demasiado simplificadoros, como por ejemplo la tasa de cosecha. La tasa de cosecha se considera un método de control válido cuando el bosque tiene un determinado stock, suficiente como para que la aplicación de la tasa máxima autorizada le permita sostener sus funciones vitales. Sin embargo, la misma tasa “legal”, aplicada a un bosque degradado o en recuperación, puede afectar significativamente su estructura y funcionamiento.

Como método más completo para determinar la factibilidad, se recomienda utilizar el Diagrama de Gingrich. Esta es una herramienta diseñada para la caracterización y manejo de la densidad en bosques irregulares, y fue propuesto por su autor en 1967 (Gingrich, 1967). En base a una guía de construcción de este diagrama (Day, 1997), y a partir de los datos de 169 parcelas de muestreo del inventario forestal de los departamentos Copo y Alberdi realizado en los años 2016/17 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se construyó un Diagrama de Gingrich para el área de la “Cuenca Foresto Industrial Monte Quemado”, ubicada en los departamentos Copo y Alberdi, al norte de la Provincia de Santiago del Estero.

Se graficó la relación entre los logaritmos de la densidad y el diámetro cuadrático medio de las 169 parcelas, (considerando sólo diámetros mayores a 10cm) y se determinó la ecuación correspondiente a los valores superiores, con la misma pendiente del ajuste (Fig. 10). Esta línea representa la máxima densidad observada del bosque, o la línea de auto-raleo. Se observa que la pendiente, es cercana a la denominada “regla de los $-3/2$ ”.

Figura 10. Relación máxima encontrada entre el logaritmo del diámetro cuadrático medio (cm) y el logaritmo de la densidad (n/ha)



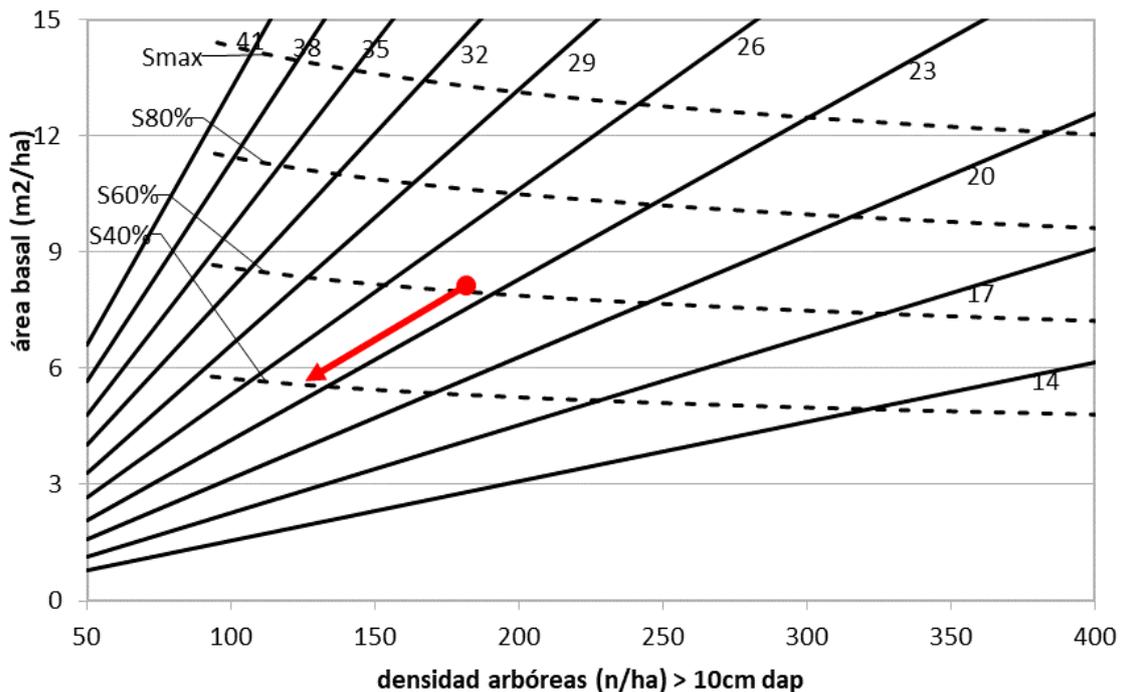
Para 169 parcelas de bosque nativo de los departamentos Copo y Alberdi.

Aplicando antilogaritmos a la ecuación de máxima densidad encontrada, se determinó la fórmula de máxima densidad en función del diámetro cuadrático medio, dada por:

$$n = e^{11,278} * D_q^{-1,7778}$$

A partir de esta fórmula, se calcularon para un rango de diámetros cuadráticos medios entre 10 y 45 cm, la máxima densidad esperada en número de árboles, y a partir de ésta y el diámetro cuadrático del rango, se calculó el stock máximo esperado (Smax), y los correspondientes al 80, 60 y 40% del mismo (S80%, S60%, S40% respectivamente). Estos valores, junto las isolíneas de los diámetros cuadráticos medios entre 14 y 41 cm de DAP, con una amplitud de 3cm, se graficaron para los ejes área basal / densidad. El resultado es el Diagrama de Gingrich para la Cuenca Foresto Industrial de Monte Quemado (Fig. 11).

Figura 11. Isolíneas de diámetro cuadrático medio de 14 a 41cm de DAP (líneas sólidas), e isolíneas de densidad equivalente: máximo stock encontrado en las parcelas disponibles (Smax), y stocks del 80, 60% y 40% de Smax (S80%, S60% y S40%, respectivamente, en líneas punteadas).



La línea roja muestra la trayectoria sobre el gráfico ocasionada por una corta del 30% del área basal, sobre un bosque de 8,3 m²/ha de área basal y 180 árboles/ha mayores a 10cm de DAP.

El gráfico anterior puede utilizarse para una mejor caracterización relativa del stock en parcelas respecto al máximo posible para una región, de una forma más completa que con sólo el número de individuos o el área basal. La pendiente de la línea de máximo stock representa la línea de auto-raleo, es decir el nivel de stock en el cual se alcanza el uso completo de los recursos disponibles (growing stock en el sentido dado por Oliver y Larson, 1996). Puede obser-

vase que la relación de ésta con el área basal no es lineal, lo cual muestra que el área basal no sería un buen indicador del grado de uso de los recursos, y por ende del stock relativo.

El Diagrama de Gingrich completo, incluye además una línea de stock mínimo, determinada a partir de los valores de densidad a la cual comienza a actuar la competencia entre individuos. Como este valor no se dispone actualmente, puede asumirse temporariamente que la línea de mínimo stock deseable podría ser la del 40% de stock. La determinación correcta de esta línea y el monitoreo de la respuesta de las parcelas a los tratamientos de corta, permitirá mejorar estas estimaciones a futuro.

Conocidos los valores de área basal y densidad de una parcela de bosque, el diagrama elaborado puede brindar importante información para el manejo. La principal información es la posibilidad de evaluar el stock relativo del bosque, y analizar la conveniencia o no de practicar una corta forestal. En bosques donde estos diagramas se utilizan habitualmente, se recomienda que las cortas forestales se apliquen sólo cuando la parcela se encuentra por encima del 60% del máximo stock, y cuidando que el stock post-corta no quede por debajo de la línea del 40% de stock. Agregada a estas condiciones, debiera respetarse también la restricción aplicable por la legislación provincial a la corta forestal, que en el caso de Santiago del Estero regula la intensidad máxima de cosecha, en el 30% del área basal inicial.

Determinación de la posibilidad forestal

El segundo desafío citado para la silvicultura en sistemas silvopastoriles sobre bosques nativos del Parque Chaqueño, es el cálculo práctico de la posibilidad forestal. La conocida comparación del monte como plazo fijo o caja de ahorros, ha servido como un recurso didáctico para socializar conceptos relativos al funcionamiento y aprovechamiento forestal de estos ecosistemas. Este concepto puede aplicarse con algo más de profundidad, para guiar los cálculos para evaluar la oferta sustentable de madera o leña que pueden brindar los montes del Chaco semiárido.

Las particularidades de los bosques del Chaco semiárido le imponen algunas especificaciones a la comparación, que se pueden resumir como la “letra chica” de este plazo fijo:

- las tasas de interés son moderadas: datos de crecimiento indican valores promedio de alrededor de un 1,16 a 1,82% de crecimiento anual en área basal (Navall, 2012), que es la variable de existencias más fácil de medir.
- tope de acumulación: a diferencia del dinero en un plazo fijo, los bosques pueden acumular crecimiento indefinidamente. Según la zona, los valores de stock máximo están entre 8 a 12 m²/ha de área basal.

- tope en las extracciones: los bosques no pueden aprovecharse por tala rasa (que equivaldría a retirar completamente el pazo fijo). El tope máximo de extracción establecido por ley es del 30% del área basal existente (Brassiolo et al, 2007).
- saldo mínimo no aprovechable: la intensidad de corta a aplicar debería ajustarse en función del estado del monte, relativo al stock máximo de la zona. La tasa máxima de corta del 30% es aplicable sobre un bosque en buen estado, con un stock cercano al máximo posible para la región. Pero si el monte ha tenido intervenciones recientes y está lejos de ese máximo, la intensidad de corta debería reducirse, hasta el extremo de no recomendarse la corta en bosques que tengan un stock muy bajo. No existen buenos datos para determinar este umbral, pero tal como se propuso en el apartado anterior, se sugiere que toda corta sostenga un stock mínimo remanente de al menos el 40% de área basal del stock máximo de referencia en la zona de trabajo.

La pregunta básica que un productor forestal debiera ser capaz de responder, es cuál es la cosecha máxima que puede extraer de su monte, sin afectar el capital forestal que dispone; es decir, sin degradarlo. Para responder esto debiéramos calcular, con las particularidades del “plazo fijo forestal”, cuál es la máxima extracción admisible por año que asegure una renta a perpetuidad.

Para realizar este cálculo sobre un plazo fijo, deberíamos definir:

- el monto de capital puesto a crecer
- la tasa de interés anual
- el plazo del depósito en años
- la intensidad de extracción propuesta
- la tasa de cambio (si depositamos en una moneda y extraemos en otra)

Con las unidades adecuadas, una simple multiplicación de estos cinco factores nos daría la respuesta a la pregunta sobre un plazo fijo. Cada una de estas variables tiene su homóloga en el manejo del bosque, a partir de las consideraciones particulares citadas anteriormente. Para evaluarlas se propone un ejemplo práctico: calcular la corta máxima admisible para un productor de leña para carbón, que dispone de 300 ha de monte con 8m² de área basal promedio, y que quiere cortar año de por medio. La Tabla 4 muestra la analogía propuesta entre las variables listadas arriba y sus homólogas en el monte y también su aplicación al ejemplo planteado.

Tabla 4. Variables para calcular la extracción máxima del bosque nativo.

Variable en plazo fijo	Aplicación al monte	Ejemplo
a) monto de capital	stock de área basal * superficie del tramo de corta anual	8 m ² /ha * 30 ha (un tramo en un área de manejo de 300 ha)
b) tasa de interés	crecimiento relativo anual en área basal	0,015 (1,5% como promedio)
c) plazo depósito	ciclo de cortas / años entre cortas	20 años (ciclo) / 2 años (entre cortas)
d) intensidad de extracción	factor de ajuste de la tasa de extracción máxima permitida en función del stock existente y el valor de referencia regional, variable entre 0 (no se corta) y 1 (se corta el máximo permitido)	1 (100% de la intensidad máxima permitida, por el buen estado del monte)
e) tasa de cambio	metros estéreo de leña por m ² de área basal	16 me/m ²
a*b*c*d*e= Monto máximo de extracción anual a perpetuidad	Máxima cosecha anual sustentable	576 me/año (1152 me cada dos años)

El ejercicio planteado puede ser útil para el diálogo entre técnicos y productores, pues permite acercar varios conceptos de la planificación forestal a partir de una comparación bastante difundida. El balance se completa al contrastar la oferta posible calculada, con la demanda prevista para el nivel de producción deseado, y así permite tomar las medidas necesarias para abastecer la demanda sin degradar el recurso disponible.

Selección de árboles de corta y cosecha

El tercer desafío planteado se refiere a la selección de árboles de corta y cosecha, con los cuales componer la tasa de corta calculada anteriormente. La planificación de la estructura deseada de un bosque irregular después de una corta, se basa en la definición de tres parámetros básicos: el área basal residual (B), el diámetro del árbol remanente más grande (D), y la distribución diamétrica del arbolado remanente, definida por un factor que mide la razón entre la densidad en una clase diamétrica y la inmediata superior (q); de ahí que este método de planificación se reconozca como “BDq” (Marquis, 1978; O'Hara & Gersonde, 2004). Comparando la distribución diamétrica real (determinada por un inventario) y la planificada, los desvíos positivos indican el número de árboles que habría que cortar en cada clase particular (Hawley & Smith, 1972).

Luego de realizar esta planificación, es necesario trasladar las prescripciones de manejo a reglas de campo para la selección de los árboles a cortar o a dejar en el rodal. Este es un paso crítico en el manejo de bosques irregulares, y se considera que la efectividad de una herramienta de control de cortas permisibles está dada por el grado de coincidencia entre la marcación y lo previsto en la prescripción correspondiente (O'Hara & Gersonde, 2004). Para cortas planificadas según el método BDq, por ejemplo, una forma de aplicar las prescripciones es a partir de la definición de "proporciones de corta" por clases diamétricas, calculadas como el cociente entre los árboles a cortar respecto del total existente en la respectiva clase diamétrica (Miller & Smith, 1993). En la experiencia práctica en el Parque Chaqueño, este traslado ha demostrado ser muy dificultoso y de escaso valor práctico. Si bien se pueden calcular las "proporciones de corta" de cada clase diamétrica, es importante considerar que toda la base de cálculo proviene de inventarios que típicamente tienen un error de muestreo del 20% en área basal. Al calcular el intervalo de confianza para la proporción de corta, es común encontrar que el error de estimación supera el 80% en algunas clases, con lo que la prescripción se vuelve muy imprecisa y de poca utilidad.

Además de esta imprecisión del método, el sistema de selección de cortas por esta planificación ha tenido poca aplicación en terreno debido a que la selección de los árboles a cortar es una actividad costosa y demanda mucho tiempo. Debido a esta causa, la aplicación se ha simplificado por el uso del diámetro mínimo de corta, por ser mucho más fácil de aplicar. Este método simplemente elige los individuos que superan un determinado diámetro preestablecido. Desafortunadamente esta práctica no permite un buen control de la intensidad de corta, ni implica mejoras en la calidad del arbolado remanente (Miller y Smith, 1993).

En la aplicación práctica del método de marcación a partir del análisis BDq propuesto por Hawley y Smith (1972) en el Parque Chaqueño, demostró además el inconveniente de que los cálculos para construir las prescripciones se realizan a partir de una única variable: el diámetro; sin tomar en cuenta otras variables del árbol (altura, volumen de copa, área foliar, estado sanitario) y de su entorno de vecindad, que definen su potencial dentro del rodal (Nienaber, 2003; Oliver y Larson, 1996). Monitorear todas estas variables en terreno para luego cargar en gabinete y realizar las prescripciones ampliaría los costos de la actividad y la haría aún menos viable.

Cualquiera sea el método de cálculo y aplicación de prescripciones, las actividades se realizan tradicionalmente en etapas separadas en el bosque y en gabinete. En el bosque se tiene la ventaja de poder analizar simultáneamente las diversas variables que influyen en la decisión de corta según el criterio predefinido, pero no se pueden registrar todas (por costos), ni se tiene posibilidad de vincular una decisión puntual basada en el mejor criterio del/la silvicultor/a a todas las decisiones tomadas anteriormente, como para llevar registro que permita evaluar si la intensidad de corta se está cumpliendo a nivel del rodal o no. Una aplicación móvil podría ser una alternativa para reunir ambas potencialidades en terreno, ya que permitiría registrar y calcular con un dispositivo portátil, en el preciso momento en que se toma la decisión de corta.

Basados en este concepto, se desarrolló un método específico de marcación, que se basa en el mejor criterio del/la silvicultor/a dentro del monte, y que asiste el control de la intensidad de corta aplicada por la acumulación de sus decisiones anteriores. Para aplicarlo, se subdividió un tramo de corta de 100 ha mediante calles de extracción en “parcelas” de alrededor de 150 m de ancho, y éstas se subdividieron mediante rutas de GPS en “transectas” de 30 x 150 m. Se recorrió cada una de las transectas entre dos operarios, guiados por un GPS, que censaron todos los individuos mayores a 10 cm de DAP, y los clasificaron por especie, clase diamétrica (de 5 cm de amplitud, entre 10 y 70 cm de DAP), y destino (queda o se corta) según lo que sugería el mejor criterio a terreno, observando todas las características del árbol y su “vecindad”. Para controlar la intensidad de corta total y por especies, se desarrolló una planilla de cálculo para un dispositivo móvil (tablet), que al ir ingresando el número de árboles por transecta, especie, clase y destino, permitía calcular en cualquier momento la proporción de área basal que sumaban los árboles elegidos para cortar. Este procedimiento dio origen a una app para dispositivos móviles Android, llamada SilvoINTA (Navall et al, 2013b).

De esta experiencia se generaron dos resultados principales: los referidos a la aplicación de la herramienta de marcación SilvoINTA, y los relacionados a la aplicación del método de control de cortas por área basal. SilvoINTA es principalmente una base de datos, que permite además realizar cálculos útiles para controlar la intensidad de cortas, y mostrar los resultados para orientar futuras decisiones. La aplicación es gratuita, y puede instalarse accediendo a Google Play desde el dispositivo móvil. La aplicación no necesita de conectividad para la carga de datos, ni para realizar los cálculos y mostrar resultados. Solamente necesita conectividad para subir los datos a la cuenta de Google Drive del usuario. Los datos son privados del usuario y la aplicación no difunde ni comparte los datos registrados.

El procedimiento diseñado permitió realizar simultáneamente un censo de cada transecta, aplicar los criterios de corta, controlar la intensidad de corta mediante el área basal remanente y marcar los árboles a extraer. De esta manera, se pudo concentrar toda la actividad en una única recorrida del rodal, ahorrando tiempo y dinero, registrando información valiosa y muy superior a la de un muestreo, sin que sea necesario visitar áreas ya marcadas para corroborar o ajustar. En la experiencia realizada, el equipo entrenado pudo realizar un promedio de 5 ha por jornada de trabajo. No se encontraron referencias en bosques similares que permitan comparar estos resultados, sin embargo, se considera un rendimiento adecuado por ser unas 10 veces superior al ritmo de avance de una cuadrilla de corta, compuesta por un motosierrista y dos ayudantes.

Con respecto a los resultados de la corta sobre la distribución diamétrica, se construyeron en primera instancia los criterios de corta. El objetivo de la corta fue el de seleccionar “árboles de futuro” y librarlos de competencia mediante la corta de los competidores más directos hasta alcanzar un 30% de área basal cortada, con un diámetro meta de corta de 40 cm de DAP (Brassiolo et al, 2007). El principio de la corta es “pensar en lo que queda” (en el sentido de preocuparse por dejar un rodal de buena calidad), en lugar de hacerlo “en lo que sale” (en sentido de la producción).

Criterios utilizados para clasificar a un árbol como “árbol de futuro” para el Parque Chaqueño seco

1. Quebrachos colorado y blanco con DAP menor a 40 cm (destino madera): rectos, fuste libre de ramas grandes, lo suficientemente alejados de otros árboles de futuro, sanos (incluye hasta regeneración avanzada: árboles > 2m de altura)
2. Algarrobo negro y mistol con DAP p menor a 40cm (destino frutos y follaje): con copas frondosas y de alta vitalidad, bien iluminadas (dominantes o codominantes), incluye hasta regeneración avanzada: árboles > 2m de altura; por no estar priorizada la producción maderera, para estas especies el mal estado sanitario o la mala forma del fuste no son criterios suficientes para descartarlo como árbol de futuro.
3. Árboles con diámetro mayor a 40cm: si tienen huecos o nidos, o están “solos” en áreas de baja cobertura arbórea.

Todos los demás árboles, se definieron como “competidores” o “indiferentes”. Los árboles competidores y por ello candidatos a corta, son aquellos que a juicio del observador compiten directamente por recursos con un árbol de futuro. Cada árbol puede ser competidor potencial de todos sus vecinos, pero una regla empírica para determinar esto en el Parque Chaqueño seco es observar particularmente la disposición de las copas, y otro es analizar no sólo la competencia entre las mismas en este momento, sino imaginarse cómo convivirán estos árboles durante los próximos 20 años, que será el período hasta la próxima corta.

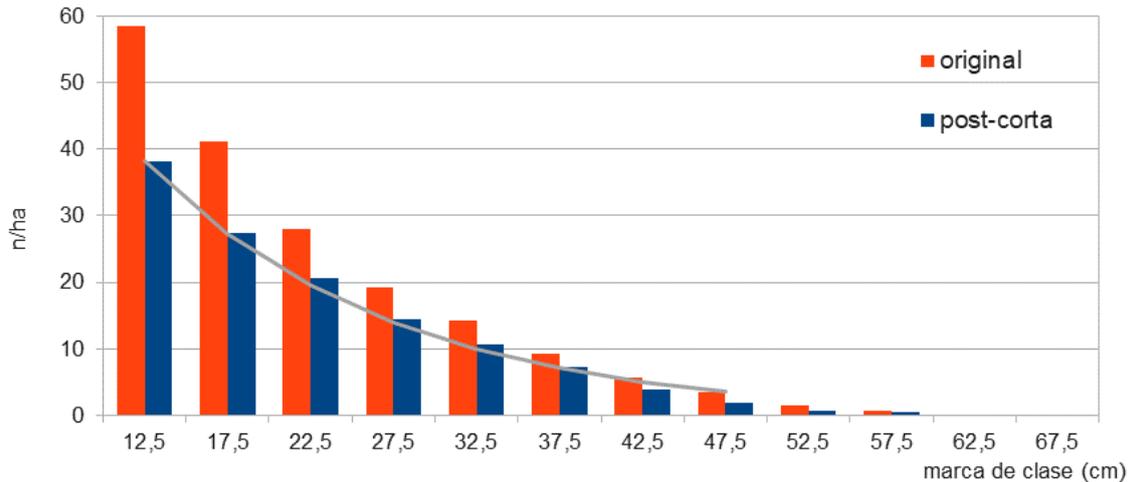
También puede encontrarse que dos árboles con características “de futuro” estén en relación de competencia entre sí. En tal caso habrá que decidir cuál de ambos es calificado como de futuro y cuál como competidor, en función de las decisiones anteriores de corta y del área basal acumulada por las mismas.

Los árboles considerados competidores se marcarán para corta, siempre que esa decisión sea conducente a lograr un área basal cortada igual al 30% del área basal total para cada especie principal: colorado, blanco, mistol y algarrobo; y también para el total general. Puede ocurrir que luego de este análisis, un árbol se identifique como “competidor” pero que no sea marcado para corta, porque cortarlo excedería los límites de corta admisible.

En la Figura 12 se muestra los resultados de la aplicación de estos criterios sobre el tramo de corta de 99,27 ha antes descripto. Se registraron en total 18036 árboles, cortándose 5581 y quedando como remanentes 12455. El gráfico muestra en barras la cantidad original de árboles por clase diamétrica, y la cantidad remanente después de la corta. En una línea se muestra el cálculo de una línea de referencia realizada mediante el método BDq, con un valor de q de 1,4, un área basal del 70% de la original, y un diámetro máximo de 50 cm de dap. Como puede observarse, el efecto del tratamiento controlado por área basal, tuvo un efecto proporcional en la cantidad de árboles cortados por cada clase diamétrica, equivalente al que hubiera tenido una curva de diseño de corta mediante el método BDq.

Con este resultado, queda demostrado que el criterio aplicado, controlado por área basal, tuvo un efecto exactamente igual sobre la distribución diamétrica al que hubiera tenido una corta controlada por densidad. El método tiene un potencial importante para controlar la aplicación de cortas en bosques irregulares como los del Parque Chaqueño Seco.

Figura 12. Densidad observada antes de la corta y remanente observado después de la corta controlada con SilvoINTA sobre un lote de 99,27 ha (barras).



La línea muestra la curva de diseño teórico con el método BDq para $B=70\%$ del área basal antes de la corta, $q=1,4$ y $D=50\text{cm}$.

Convivencia entre desarbustados y manejo forestal

El cuarto desafío planteado para la silvicultura en sistemas silvopastoriles del Parque Chaqueño, es la convivencia con los tratamientos de desarbustado que requiere el manejo ganadero. Desde hace décadas, la actividad forestal y ganadera han coexistido como dos de los principales usos de los bosques de esta ecorregión (Morello et al, 2005). Se han sucedido diversos escenarios, donde una u otra eran las actividades más relevantes, pero más allá de cada escenario específico, queda marcada una notable vocación ganadera-forestal de estos ecosistemas.

El arbustal es un problema para la ganadería, porque disminuye la accesibilidad para los animales, y reduce la entrada de luz para el crecimiento de las pasturas. Para el manejo forestal, el arbustal también puede significar un inconveniente. Los arbustales densos dificultan mucho las actividades de campo asociadas a la medición, toma de decisiones de corta, la corta en sí y la extracción de productos. Todo el desarrollo de la silvicultura europea que se difundió en el Parque Chaqueño, se ha desarrollado en ambientes que no tienen un sotobosque tan denso. Cualquiera que haya intentado aplicar los conceptos del muestreo angular de Bitterlich en bosques del Chaco semiárido podrá verificarlo.

Un conflicto importante entre el manejo forestal y el manejo arbustivo para ganadería, está

dado por el diseño de los tratamientos de desarbustado. Cuando los tratamientos aplican disturbios de alta intensidad (eliminando mucha biomasa), alta severidad (causan una alta mortalidad o daños en el ecosistema) y poca selectividad (aplicados indiscriminadamente a diferentes ecosistemas y comunidades), seguidos de intervenciones de alta frecuencia (retratamientos cada 2 o 3 años), claramente la compatibilización no es posible, por su efecto sobre la estructura forestal.

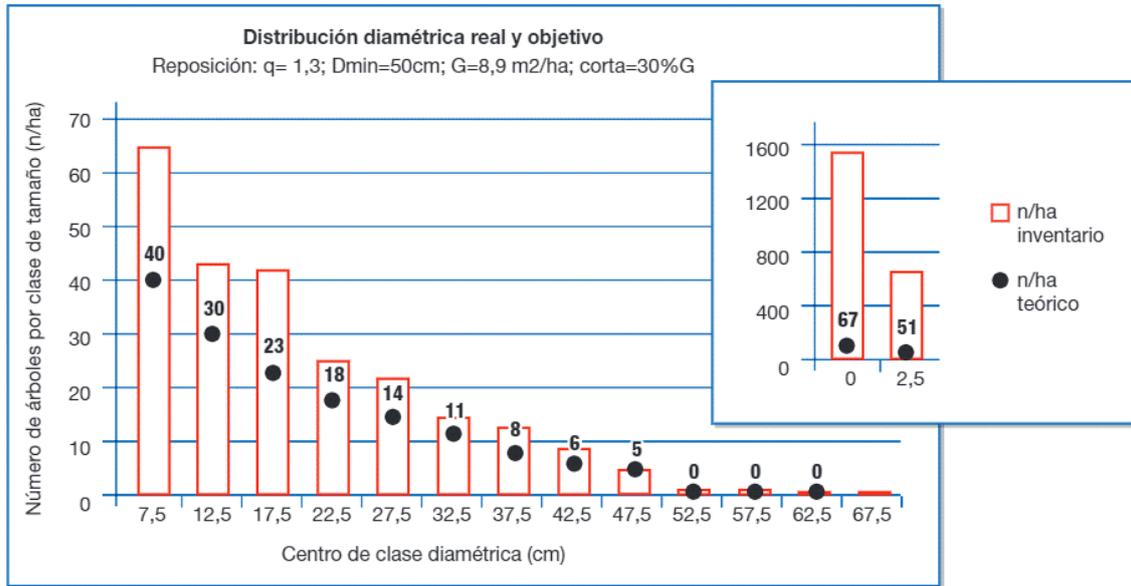
Sin embargo, cuando los tratamientos de desarbustado se diseñan preservando la estructura del bosque, y consideran además otras condiciones propias de la región como el déficit hídrico, la variabilidad climática, la pobre estructura de los suelos, el riesgo de salinización y la dominancia de especies leñosas; es posible encontrar mayor compatibilidad y sinergia entre las actividades. Este es el concepto que orientó el diseño del denominado RBI: Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Aplicando esta práctica en bosques, se han logrado incrementos significativos en la accesibilidad y oferta forrajera, afectando solamente el 3% en área basal (Navall, 2008), y se ha demostrado que es factible extender el período entre rolados sucesivos hasta 6-7 años sin disminuciones significativas en la oferta forrajera (Kunst et al, 2016).

En la experiencia se ha demostrado, que los efectos no deseados del rolado se pueden evitar si se capacita al tractorista sobre las condiciones básicas del manejo forestal, como el concepto de árbol de futuro y distribución diamétrica, compartiendo pruebas de campo sobre la maquinaria. Allí se comprueba que es totalmente factible identificar y esquivar árboles mayores a 15cm de diámetro en la primera intervención, y árboles mucho menores en las intervenciones de re-rolado siguientes.

La regeneración forestal merece una mirada detallada en estas interacciones con el manejo ganadero. El grupo de árboles menores a 10 cm de DAP es la porción más crítica de las poblaciones forestales en integraciones con la ganadería, porque son susceptibles al ramoneo y pisoteo del ganado, y porque al compartir el estrato con los arbustos, son difíciles de identificar al momento de aplicar los rolados. A través del estudio en parcelas permanentes, se determinó que la proporción de árboles dañados es mayor en las clases más chicas. Se determinaron daños superiores al 80% de los árboles menores a 1,3 m de altura, cercanos al 50% de los de 0 a 5 cm de DAP, y algo superior al 40% en los árboles de 5 a 10 cm de DAP.

Para evaluar adecuadamente el impacto de esta práctica, es importante contrastar el arbolado remanente sin daños después del rolado con las curvas de diseño de la estructura (Fig. 13). Para hacer esta comparación, se diseñó una curva teórica para un bosque previo al rolado, usando el método BDq ya descripto. Considerando un área basal final de 8,9 m²/ha, un diámetro mínimo de corta de 50 cm y un valor de q de 30%, se encontró que las densidades necesarias en las clases de regeneración son las siguientes: Clase 0 – menores a 1,3m de altura: 67 árboles/ha; Clase 2,5 – de 1,3m de altura a 5 cm de DAP: 51 árboles/ha; Clase 7,5 – de 5 a 10cm de DAP: 40 árboles/ha.

Figura 13. Distribución diamétrica reportada en un inventario y densidades de diseño según cálculo BDq.



Datos del Campo Experimental La María, Santiago del Estero.

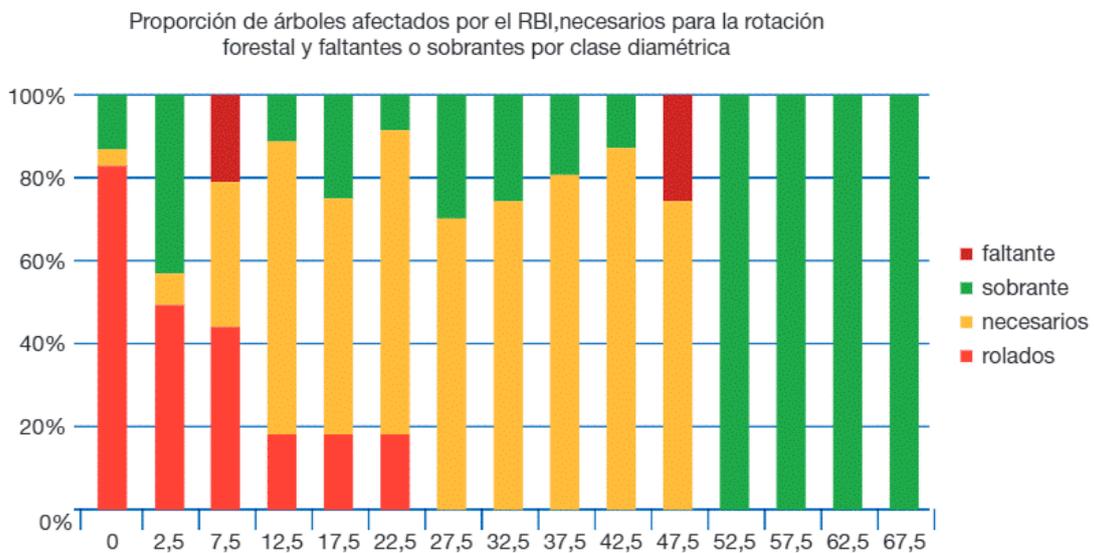
Contrastando estos valores con los remanentes después del rolado de baja intensidad (Fig. 14), se observó que los árboles remanentes en la clase 0 cuadruplican los necesarios según la curva de diseño, y que los remanentes en la clase 2,5 quintuplican los necesarios (Fig. 15). Se observó un déficit solamente en la clase 7,5, en la cual la cantidad de árboles remanentes sin daños por rolado era de 36 árboles por ha, y se necesitaban 40 para cumplir con los necesarios según la curva de diseño. Desde la experiencia, se considera que ésta es la clase más crítica en la interacción con rolados, porque los árboles más grandes se ven fácilmente y se pueden evitar, y los árboles más chicos en esta clase están en una densidad suficiente como para tolerar pérdidas sin afectar la reposición. Pero la clase de 5 a 10 cm de DAP comparte estrato con el arbustal y tiene pocos árboles disponibles. En este caso, puede aumentarse la densidad mínima necesaria en las clases anteriores, ampliar las capacidades de los tractoristas para identificarlos y evitarlos y preservar particularmente este tipo de árboles ante futuras intervenciones (corta forestal y re-rolados).

Figura 14. Rolado de baja intensidad (RBI) y siembra de pasturas megatérmicas en sistemas Silvopastoriles en Santiago del Estero.



Fuente propia.

Figura 15. Proporción de árboles por clase diamétrica, efecto del rolado y necesidades para reposición según curva de diseño.



Producción y calidad forrajera del sotobosque

La producción forrajera en bosques del Parque Chaqueño está directamente vinculada a la interacción con las especies leñosas, especialmente las arbustivas. La elevada densidad de leñosas en muchos de los bosques de la región, condicionan la accesibilidad del ganado y el ingreso de luz a las pasturas. Por otra parte, son reconocidos los roles benéficos de esta cobertura leñosa, por su aporte en servicios ecosistémicos clave como el aporte de materia orgánica al suelo, la regulación de la temperatura (factor de bienestar animal), y el aporte de forraje en épocas en las que no hay pasto disponible.

La falta de acceso y la baja oferta forrajera de pastos en los bosques nativos, generan valores de receptividad muy bajos, en el orden de las 10 a 20 ha.UG⁻¹. La incorporación de tratamientos de rolado ha sido la práctica más difundida para mejorar estas condiciones y aumentar la productividad forrajera. Se han observado respuestas satisfactorias del banco de semillas de pastos nativos, llegando a valores de 3000 a 5000 Kg MS. ha⁻¹ después de la aplicación de un rolado (Kunst et al. 2003).

Cuando se suma al tratamiento de rolado la siembra de pasturas subtropicales, los rendimientos de forraje mejoran significativamente. Con la siembra de *Panicum maximum* (“Gatton panic”) se han logrado en bosques del Parque Chaqueño valores de 5000 a 8000 Kg MS.ha⁻¹. Permitiéndose mejorar la receptividad hasta 1 a 2 ha.UG⁻¹ (Kunst et al., 2016). Las pasturas de Gatton panic se adaptan muy bien a la media sombra que queda en los rolados, cuando éstos son de baja intensidad.

El principal desafío en estos sistemas consiste en compatibilizar la reducción de la excesiva cobertura arbustiva, con el mantenimiento del resto de la estructura del bosque y su oferta de servicios ecosistémicos. En el “Manual de RBI” (Kunst et al. 2008), se desarrollan en detalle los fundamentos y las recomendaciones técnicas para la planificación de estos tratamientos, desde una mirada de integración al ecosistema. Un aspecto relevante en estos tratamientos, es que por lo general los arbustos tratados con rolado no mueren, sino que el tratamiento implica un “rejuvenecimiento” por remoción de su biomasa aérea y estímulo del rebrote, lo que hace necesario planificar una determinada frecuencia de re-tratamiento (Bravo, 2008).

En trabajos más recientes, el equipo del INTA Santiago del Estero, continuó mejorando el enfoque, y desarrollando un prototipo de rolo autopropulsado llamado “Tatú MBGI” (INTA Informa, 2020). Este equipo, está diseñado para ampliar la capacidad de maniobra dentro del monte, mejorar su robustez y calidad del tratamiento.

Componente animal

Los sistemas predominantes son de cría extensiva y semi-extensiva sobre pastizales naturales y bosques, caracterizado por una baja productividad de los rodeos con destetes que se ubican entre el 45 y 50%, con producciones de carne que varían entre 5 kg/ha/año y 50 kg/ha/año (Veirano Fré-

chou 2002). Los principales factores de esta baja productividad de los sistemas de cría son la baja carga animal de vientres por hectárea, baja eficiencia reproductiva de los vientres, lento desarrollo de la recría y engorde, inadecuada organización de los rodeos y bajo nivel de aprovechamiento de los recursos forrajeros. Para la región Chaqueña semiárida los sistemas de cría presentan en común un aspecto crítico que es la recría de las vaquillonas de reposición, en los cuales la edad al primer entore oscila entre los 27 y 36 meses (Fumagalli y Cornachionne, 2002). Saravia et al. (2019) en un ensayo bajo uso sistemas silvopastoril en bosque de algarrobo y quebracho blanco y con terneras cruza Braford para la recría (tiempo de permanencia en cada lote es de 35 ± 15 días y de 120 a 200 días de descanso, y con suplementación energético-proteica de 100 días al 0,6% del peso vivo) en Santiago del Estero, determinaron ganancias de peso diario promedio que fluctuaron desde 0,34 a 0,61 kg/día. Estos valores también son comparables a los obtenidos por Salado y Fumagalli (2003), en INTA EEA Santiago del Estero, donde se estudió el efecto de la suplementación invernal con semilla de algodón al 0,7% del peso vivo sobre la ganancia de peso de terneras pastoreando Gatton Panic, cuyos valores promedio fueron de 0,358 kg/día y 0,424 kg/día, para las razas Braford y Brangus, respectivamente. Estos resultados resaltan la importancia de la suplementación para lograr ganancias de peso y mayor consumo de forraje de baja calidad durante la estación seca acordes a los requerimientos del animal para una adecuada recría.

Por otro lado, la producción caprina (el Parque Chaqueño participa con el 47% del stock total nacional) se ha concentrado en la región semiárida del Chaco principalmente para autoconsumo, asociado al minifundio y con escasa tecnificación. Los caprinos consumen mayor proporción de leñosas que los ovinos y bovinos, especialmente en la época seca (Yayneshet et al. 2008). Además de la preferencia, la carga animal depende de la oferta de forraje disponible, el cual varía de 1,3 a 2,5 cabras/ha en la estación húmeda.

Otros aspectos: suelo y fauna

En la EEA Santiago del Estero se desarrolló una serie de ensayos para determinar si las prácticas de Rolado de Baja Intensidad (RBI) tenían efecto sobre variables ecosistémicas. Se realizaron numerosas determinaciones contrastando lotes tratados y testigo, en variables del suelo como Densidad Aparente, Contenido de Materia Orgánica, Tasas de Infiltración de agua, Actividad y diversidad microbiana, entre otras. En ninguno de los tratamientos se encontraron diferencias significativas con los valores observados en los testigos, sin rolado. Sin embargo, y de manera consistente, estas investigaciones demostraron que las diferencias en estas variables, sí son significativas entre sitios ecológicos (alto, media loma y bajos), entre micrositos respecto de la cobertura de copas (bajo la copa, a media distancia, fuera de copas), o entre especies arbóreas que cubren el suelo (Mistol, quebrachos blanco y colorado) (Albanesi, 2013).

Coria (2012) determinó que la aplicación de tratamientos de rolado de baja intensidad, provocó cambios en los ensambles de aves en un bosque del Parque Chaqueño. En los tratamientos rolados, dejaron de detectarse algunas especies de aves exclusivas del bosque, pero apa-

recen más especies de los pastizales que antes no estaban presentes. Con una riqueza global de 54 especies, 44 estaban presentes en los tratamientos rolados y 38 en los testigos. Un mosaico de sectores tratados y otros sin rolar sería la estructura de mayor diversidad, en esta variable. Efectos similares se observaron en anfibios y reptiles (Kunst et al., 2016).

Manejo de bosque con ganadería integrada (MBGI)

El escenario en el cual se comienza a trabajar en el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), se caracterizó por una alta presencia de ganadería en los bosques nativos de todo el país, la difusión de prácticas de intervención intensiva o desmontes para incorporar tierras para la producción de forraje, y la falta de manejo ganadero en las áreas con bosques.

La pérdida de bosques nativos entre 1998 y 2018 fue de alrededor de 6,5 millones de hectáreas, ocurriendo el 43% de la misma (aproximadamente 2,8 millones de hectáreas) dentro del período de vigencia de la Ley N° 26.331 (2008 a 2018). Por otro lado, en Argentina el proceso de deforestación se aceleró hacia fines de la década de los noventa y principios del siglo XXI, principalmente a causa de la expansión de la agricultura desde la Región Pampeana hacia el Parque Chaqueño. En efecto, el surgimiento de la soja transgénica junto con la aparición de la siembra directa asociada a otros paquetes tecnológicos, aumentó la rentabilidad de este cultivo y su potencial para expandirse a tierras consideradas previamente marginales para la producción agrícola. La expansión de la agricultura pampeana desplazó la ganadería hacia áreas marginales.

La disponibilidad de especies de pasturas megatérmicas de crecimiento estival, muy alta productividad y bastante resistentes a la sequía, contribuyó en la ampliación e intensificación de la producción ganadera en la Región Chaqueña. La mayor parte de los bosques nativos de la Argentina se encuentran sometidos a usos ganaderos de distinta intensidad y con variados niveles de planificación, desde ganadería de monte extensiva y comunitaria a modelos intensivos que concluyen en pocos años en la conversión de bosques en sabanas y parques (deforestación diferida). Entre 2012 y 2018, la superficie total de pérdida de bosque nativo en las provincias de Chaco, Salta, Formosa y Santiago del Estero fue de aproximadamente 1 millón de ha, de las cuales un 28% correspondió a una deforestación diferida justificada bajo un uso Silvopastoril (Mónaco et al., 2020). Esto produjo una fuerte expansión del mercado inmobiliario de compraventa de tierras con bosques, cuyos títulos habían tenido hasta entonces mayor uso como respaldo financiero que como objeto de inversión productiva. Se formaron así empresas que compraban tierras con bosques, las “desarrollaban” (o sea, hacían desmonte y habilitación para agricultura y ganadería) y luego las vendían a precios sustancialmente mayores. Actualmente, el valor de la tierra desmontada triplica al de la tierra con bosque, y aun descontando los costos de desmonte, el margen de ganancia sigue siendo muy positivo (Mónaco et al. 2020).

Por otro lado, en los bosques nativos de la región hay una brecha entre el significado de “sistemas silvopastoriles” (SSP) y su aplicación más difundida en la realidad. Se acepta que los SSP son una forma de manejo en la que “coexisten componentes como el arbóreo, forrajero, ganadero, edá-

fico y humano, y donde se generan interacciones ambientales, económicas y sociales, bajo un manejo sustentable e integrado en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, muchos de los llamados SSP se habían instalados principalmente en el Parque Chaqueño con intervenciones muy intensivas (dejando menos de 100 árboles/ha y sin cuidado de la regeneración), orientadas sólo a producir pasto y en el corto plazo (Fig. 16). Estas prácticas son consideradas directamente como desmontes por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) del Ministerio de Ambiente de Nación, inclusive algunas leyes como la de áreas forestales de Santiago del Estero, no los consideran como una modalidad de manejo de bosque nativo, sino como un cambio de uso del suelo.

En síntesis, la aplicación de prácticas y esquemas de intervención que no permitan la subsistencia del bosque, y que, en algunos casos, recibían subsidios de la misma ley de bosques.

Figura 16. SSP en el Parque Chaqueño con intervenciones muy intensivas (dejando menos de 100 árboles/ha y sin cuidado de la regeneración), orientadas sólo a producir pasto y en el corto plazo



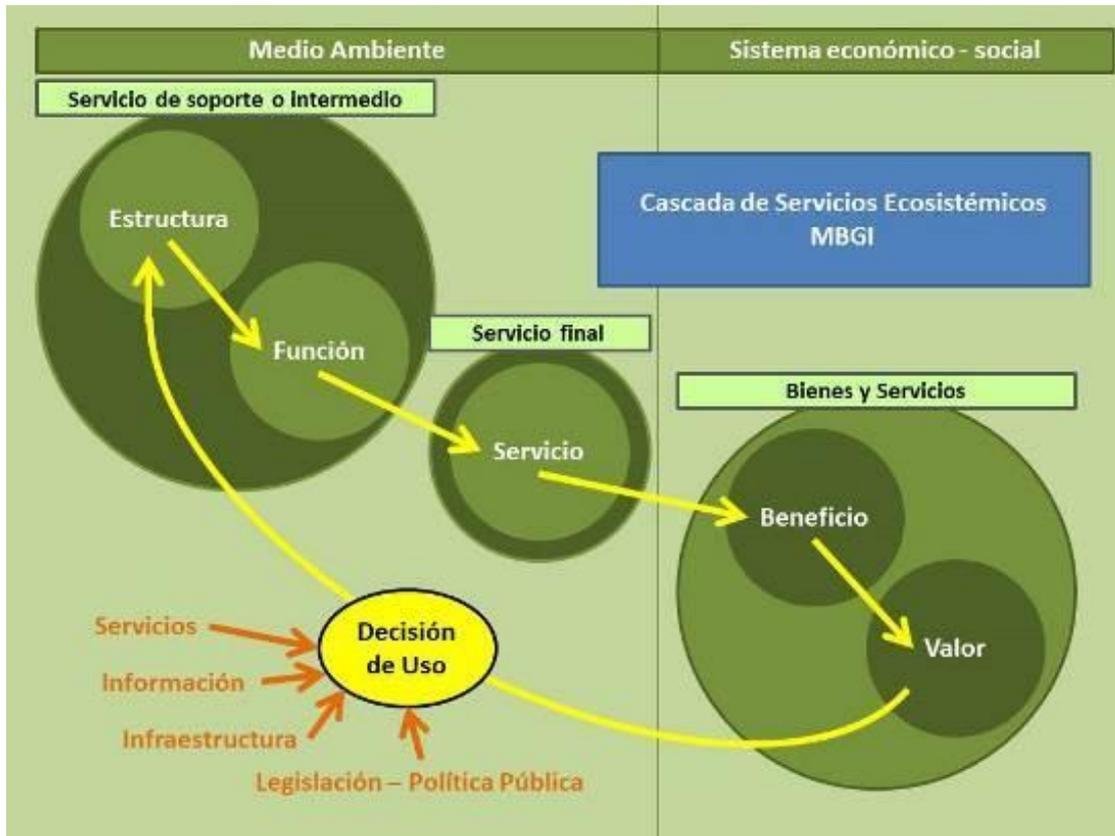
Arriba: Ejemplo de los mal denominados sistemas silvopastoriles en el Parque Chaqueño con intervenciones muy intensivas y no sustentable. Abajo: Ejemplo de un lote con rolado de baja intensidad bajo Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) en Santiago del Estero. Fuente propia.

MBGI como alternativa superadora

En este marco se realza la importancia de contar con propuestas de manejo que congenien las expectativas de producción con la conservación de los demás servicios ecosistémicos de los bosques nativos. La necesidad del estado de compartir una visión integral en la implementación de políticas de bosque y ganadería cuando comparten un mismo territorio, llevó a que, en el año 2014, la Secretaría de Ambiente y el Ministerio de Agricultura junto con el INTA conformen una mesa que elaboró el Acuerdo técnico. Con el objetivo de implementar un Plan Nacional de Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), en 2015 se firma el Convenio Marco Interinstitucional entre los actuales Ministerios de Agroindustria y el de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación para la implementación del acuerdo técnico sobre “Principios y Lineamientos Nacionales para MBGI” (Navall et al., 2016). El mismo es un plan político-técnico, que permite establecer acuerdos intersectoriales de articulación de herramientas técnico-financieras, con el fin de optimizar los recursos del estado, garantizar la distribución coherente y equitativa de los mismos, y la aplicación de los lineamientos por parte de las provincias y los productores. El MBGI propone el manejo integral del ecosistema, como una herramienta de desarrollo frente al cambio de uso del suelo, donde se incluye al bosque nativo en la matriz productiva, como un agente proveedor de servicios ecosistémicos, especialmente en lo que respecta a la producción ganadera y forestal. Dicha propuesta se basa en la adopción de tecnologías de bajo impacto ambiental, con una visión integral del ambiente que busca el equilibrio entre la capacidad productiva del sistema, su integridad y sus servicios, bajo el principio de mantener y mejorar el bienestar del productor y las comunidades asociadas. Por lo tanto, el término MBGI se refiere a la planificación de todo tipo de actividad ganadera y forestal dentro de un bosque nativo, ampliando así, el concepto de Prácticas Silvopastoriles Tradicionales.

El marco conceptual donde se sustenta el acuerdo técnico MBGI, está basado en la provisión de servicios ecosistémicos por parte de los bosques, y en un esquema de manejo adaptativo para definir las intervenciones. Este marco permite avanzar con una base técnica en la toma de decisiones sobre el uso de la tierra y el manejo de los recursos naturales, de manera de conservar la provisión de servicios ecosistémicos y evitar los impactos ambientales y sociales asociados a la pérdida de los mismos. El marco conceptual MBGI parte de una concepción no dicotómica de las relaciones entre las sociedades y los ecosistemas, lo cual determina un socio-ecosistema compuesto por un sub-sistema biofísico en el cual se ubica el bosque nativo y los procesos naturales que permiten la provisión de los servicios ecosistémicos, un subsistema económico-productivo el cual se rige por el sistema económico dominante en un momento determinado y que determina las políticas públicas, y un sub-sistema socio-político-cultural que refleja la organización social, de una empresa forestal o familias que aprovechan el bosque nativo desde una dinámica cultural particular (Fig. 17). En este esquema se debe enmarcar el manejo forestal del bosque nativo, ganadero y las interrelaciones entre cada uno de los sub-sistemas, como la dinámica de estas en el tiempo y en el espacio.

Figura 17. Marco para la valoración integrada de los bosques que considera tanto la prestación de servicios y bienes del ecosistema (oferta) como el uso y valor por parte de la sociedad (demanda), incluidos los valores ecológicos, culturales y monetarios.



Modificado de Braat y de Groot (2012).

MBGI plantea 7 lineamientos técnicos para cumplir los objetivos y guiar los planes de manejo:

1. **Todo plan de MBGI se ajusta a los contenidos mínimos para Planes de Manejo Sostenible de Bosques Nativos:** propone una planificación integral de uso, donde se definan claramente las metas y objetivos específicos para cada componente del sistema y se diseñen las intervenciones respecto de un estado de referencia del bosque y su estado actual. Un Plan de Manejo Sostenible es el documento que sintetiza la organización, medios y recursos, en tiempo y espacio, del aprovechamiento sostenible de los recursos forestales maderables y no maderables y los servicios que provee el ecosistema como la producción de alimentos y energía en un bosque nativo o grupo de bosques nativos. Por lo tanto, el plan debe incluir una descripción pormenorizada del establecimiento en sus aspectos ecológicos, legales, sociales y económicos, así como también un inventario forestal o del recurso no maderable objeto de aprovechamiento o algún otro tipo de relevamiento con un aceptable nivel de detalle para la toma de decisiones en cuanto a la silvicultura a aplicar o a las medidas a implementar según la modalidad de que se trate. Los contenidos mínimos de los Planes de Manejo Sostenible son establecidos y periódicamente actualizados por el Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA). Para ello, se necesita realizar una caracterización detallada Estado

Inicial o línea base, entendido como la generación, procesamiento y análisis de la información de base que sintetiza las características del predio, e identifica el o los sitios ecológicos involucrados, y su estado actual con el fin de obtener un diagnóstico social, económico y ambiental de la situación “sin proyecto”.

2. **Los planes MBGI mantienen un área exclusiva para la conservación de biodiversidad, el mantenimiento de la conectividad, preservación del acervo genético de las especies que ocupan el predio y el resguardo de la fauna asociada:** en consideración de la importancia que reviste la conservación de la biodiversidad en paisajes productivos, resulta de gran valor preservar dentro de la unidad de manejo áreas libres de ganado. Idealmente, las mismas debieran ubicarse alejados de caminos y sitios de uso productivo intensivo para garantizar el cumplimiento de las mismas. El abordaje de la escala cuando se planifica la conectividad de dichas áreas, se debería hacer con especial énfasis cuando se trata de predios pertenecientes a pequeños productores, comunidades campesinas o indígenas. El concepto de conectividad merece enfocarse desde un nivel de cuenca o de paisaje, en lugar de analizarse sólo a nivel predial.
3. **Estrato arbustivo:** se destaca la importancia de todos los estratos que forman parte de la estructura vertical de un bosque como elementos vitales en el funcionamiento del ecosistema y del sistema productivo. En este sentido, y de manera particular, se destaca la funcionalidad del estrato arbustivo nativo en el ciclo de nutrientes, aporte de forraje, protección de suelos y biodiversidad, ciclo del agua, fuente de productos no madereros y de alimento y resguardo de fauna. El manejo de la cobertura arbustiva (un remanente no menor al 30%) y la siembra de pasturas son prácticas útiles para incrementar la oferta forrajera dentro de bosques, y con ello la productividad del sistema. Sin embargo, es necesario establecer lineamientos para aplicarlas en un marco de sustentabilidad del MBGI. Para el tratamiento del estrato arbustivo, se establece umbrales de parámetros técnicos de la maquinaria a utilizar en el Chaco semiárido y árido (ancho de intervención máximo de 2,5 m, largo del equipo de 10 m como máximo incluyendo el remolque, potencia bruta de tractores con rodados neumáticos máximo de 100-120 HP y sin hoja frontal en caso de tractores con tren de rodaje tipo orugas). Otra herramienta disponible para aumentar la oferta forrajera consiste en destinar un área exclusiva para su producción (Reserva o banco forrajero). Dicha área no podrá superar el 10% de la ocupada por bosque en el predio. Las intervenciones podrán realizarse mientras no se contrapongan con las metas de conservación del bosque, evitando su degradación en términos de sobrepastoreo y pisoteo de los estratos inferiores que no integran el sistema intensivo propuesto. Las áreas destinadas a la producción exclusiva de forraje (bancos forrajeros) se situarán prioritariamente en aquellos lugares del predio que no presentan bosque, en caso contrario debería quedar justificado y fundamentado. La implantación de especies forrajeras (no invasoras) podrá realizarse bajo cualquier método solamente en las áreas intervenidas específicamente para tal fin. Esta práctica puede aplicarse conjuntamente con el manejo de la cobertura arbustiva, y su extensión debe ser coherente con los objetivos económi-

cos de sustentabilidad del emprendimiento. Las especies forrajeras implantadas para incrementar la oferta forrajera compatibles con el MBGI serán definidas a nivel regional por los organismos competentes en la materia. Por ejemplo, para el Chaco árido y semiárido las especies son *Panicum maximum* Jacq. y *Cenchrus ciliaris* L.

4. **La organización de actividades incluye un plan de manejo forestal que permita conducir la estructura del bosque y monitorear su estado periódicamente:** el esquema de tratamientos propuesto para cada sitio intervenido debe basarse en la dinámica natural del bosque, con el fin de asegurar su regeneración. Se establece que la estructura resultante del aprovechamiento forestal debe ser representativa del bosque de referencia para la región, tanto en la composición de especies (en cuanto a su riqueza y abundancia) como en la distribución diamétrica. A su vez, establece que se deberá contemplar un remanente de árboles que cumplan con otras funciones del bosque como cobertura, producción de semillas, hábitat de fauna, ciclado de nutrientes, etc. Por ejemplo, se define para formaciones de Quebrachal en sitios ecológicos de “alto” de la región del Chaco semiárido, que las existencias mínimas de área basal que deben mantenerse sea de 6 m²/ha, con una distribución irregular balanceada, mientras que las cortas no deben superar la posibilidad forestal del tramo de corta, ni el 30% del área basal total. Para alentar la aplicación exitosa del manejo forestal en el marco de MBGI, es deseable promover el agregado de valor a los productos forestales y la promoción de la diferenciación de los productos madereros y no madereros, junto con la mejora de las capacidades y condiciones del empleo en el sector agro-forestal.
5. **Manejo ganadero:** el manejo ganadero explicitado en el plan de manejo integral debe adecuarse a las posibilidades reales del sistema, en un horizonte temporal que tenga en cuenta la variabilidad interanual de las condiciones ambientales, contemplando las distintas fuentes de forraje, la planificación de reservas de forraje y la eficiencia productiva, permitiendo en todos los casos, la regeneración del bosque. Asimismo, atendiendo a la variabilidad productiva, y para evitar los efectos adversos que provoca el sobrepastoreo, es necesario el monitoreo de la carga ganadera (ajuste de carga) y la planificación de reservas forrajeras. Un plan de MBGI debe contemplar una meta y estrategias de eficiencia productiva. En el caso de sistemas ganaderos de cría, se deberá poner especial énfasis en alcanzar niveles de procreo adecuados para evitar el impacto de ganado improductivo sobre el sistema.
6. **Contingencias:** establece que el plan MBGI debe contener un sistema de prevención y control de incendios forestales y de pastizales asociados, y de situaciones de sequías prolongadas para prevenir o controlar los impactos negativos sobre el sistema. Las prácticas ígneas de eliminación de residuos vegetales provenientes de los tratamientos aplicados se consideran una práctica excepcional, sólo recomendable cuando exista una amenaza cierta de incendio forestal. En caso de sequía, se recomienda establecer reservas hídricas para consumo del ganado. Si existiesen alarmas de prevención de las mismas, se recomienda realizar ajustes de carga animal y reservas forrajeras.
7. **Manejo del agua:** establece la planificación y el diseño del uso eficiente y productivo del

agua, mediante un plan de manejo que incluya el aprovisionamiento y la distribución, y permita disminuir los impactos del ganado en el bosque y su regeneración (ramoneo, pisoteo, etc.), un mejor aprovechamiento de las existencias forrajeras, acompañar el aumento de la receptividad y de la producción de carne, el mejoramiento del bienestar animal, el mejor aprovechamiento del agua, evitar contaminación y la erosión de cursos de agua.

Estos lineamientos técnicos de MBGI precisan definiciones por parte de organismos de gobierno provinciales que les den sentido y operatividad a escala local, manteniendo el balance y la integración de las bases productivas, ambientales y sociales que están plasmadas en los principios de sustentabilidad. Aspectos tales como tipos de bosque, estados de referencia, umbrales de intervención, protocolos de acción, valores especiales de conservación y establecimiento de corredores biológicos deberán desarrollarse en mayor detalle a escala provincial, y revisarse periódicamente a la luz de los resultados en un enfoque de manejo adaptativo.

Dentro de la planificación predial se prevé que la mayor parte de la unidad de producción esté manejada a través de intervenciones de bajo impacto y una proporción menor esté destinada a: (i) conservación exclusiva (núcleos y corredores ubicados en consonancia a la situación de contexto en que se encuentre el predio); y (ii) áreas de “sacrificio” para la producción intensiva de forraje que permita producir reservas y preservar del pastoreo lotes en regeneración. Estas áreas de sacrificio, deberán ubicarse prioritariamente en áreas ya perturbadas o aún degradadas, a fin de recuperar su producción a través de prácticas de rehabilitación (e.g. chacras abandonadas y/o en uso).

En cuanto al área de manejo de bajo impacto, se proponen intervenciones secuenciales (rotación espacio-temporal) de todos los componentes del sistema, manejando al bosque dentro de los límites de su resiliencia. En el caso del estrato arbustivo, el objetivo de su manejo es liberar recursos (espacios, agua, nutrientes) para favorecer la producción forrajera, controlando su cobertura y densidad secuencialmente y de manera rotativa. Este concepto se aleja del propuesto por esquemas de intensificación ganadera de alto impacto, ya que reconoce el rol del estrato arbustivo en la prestación de servicios ecosistémicos, clave tanto en la regulación ecológica como en la provisión de bienes: aporte de materia orgánica al suelo, provisión de forraje, manteniendo del proceso de infiltración de agua, control de la erosión hídrica y eólica, el ciclo de nutrientes, entre otras (Carranza y Ledesma, 2005; Peri et al., 2017b).

El aprovechamiento forestal se ajusta considerando las tasas de crecimiento de los rodales y bajo pautas que contemplan el mantenimiento de un stock y cobertura remanente mínimos, la preservación de hábitat para la conservación de la biodiversidad y de los demás servicios de sostén y regulación del sistema. Para el Parque Chaqueño, se propone un manejo irregular en forma policíclica de la masa arbórea manteniendo la estructura heterogénea del bosque nativo, cuya posibilidad de un aprovechamiento actual queda expresada por la cantidad de árboles comerciables maduros. Las prácticas para favorecer la regeneración, las podas sanitarias, los raleos y el aprovechamiento de árboles maduros se realizan simultáneamente en una misma intervención, tomando como una referencia el mantenimiento de la distribución diamétrica de “J invertida”. El manejo ganadero en tanto, se debe adaptar a los requerimientos para la regene-

ración del bosque. De esta manera, al disminuir la intensidad, frecuencia y escala espacial en que se aplican los tratamientos, el impacto sobre la biodiversidad y los servicios de sostén y regulación es menor. La propuesta tiene fundamentos en la valoración de la diversidad y servicios ambientales claves para estos sistemas productivos, y para mantener la integridad ecológica de todo el paisaje. Estas propuestas fueron las bases para lo que hoy se denomina MBGI, que se diferencia de otros manejos silvopastoriles en que la base del sistema es siempre el manejo y uso del bosque, al cual se integra la ganadería. La propuesta MBGI se adapta sin inconvenientes a sistemas productivos de pequeños productores campesinos, ya que el mantenimiento de la biodiversidad permite el uso múltiple que normalmente realizan. Productores más especializados en ganadería bovina, medianos y grandes, tienen reparos en su implementación, ya que tienden a optar por sistemas más simplificados, no visualizando el rédito que pueda tener para sus expectativas mantener cobertura arbustiva, aun cuando en muchas situaciones eliminar este estrato supone importantes riesgos económicos y ambientales, sobre todo cuando se trata de regiones áridas/semiáridas y en contexto de cambio climático. Se debe entender que MBGI es una propuesta que trata de congeniar producción y conservación en el contexto de una ley que ordena y establece que, en bosque bajo categoría de protección intermedia, las actividades productivas no pueden hacer perder al bosque su integridad ecológica.

El convenio MBGI se sustenta en un informe técnico que presenta prácticas concretas de manejo y de diseño de la planificación predial, muchas de ellas tomadas de un caso de estudio en Chaco Semiárido, que deben ser interpretadas sólo a modo ilustrativo. Como quedó expuesto, las prácticas en cada predio estarán sujetas a condiciones particulares de ese sistema socio-ambiental. La propuesta MBGI, como máxima intervención plantea un 10% o más de la superficie boscosa del predio como área para conservación de la biodiversidad, conectividad, y resguardo de la fauna silvestre, donde no podrán realizarse actividades ganaderas o forestales. Esa superficie se determinará tomando como referencia aquellos bosques de mayor grado de conservación dentro de cada predio y se proyectará dentro de ella. También, la propuesta contempla el desarrollo de un banco forrajero con el fin de incorporar un mecanismo para quitarle presión al bosque nativo, cumpliendo una función esencial en el mantenimiento del sistema forestal y ganadero. La superficie máxima con destino a Banco Forrajero establecida en los lineamientos del convenio es el 10% o menos del área ocupada por bosques en el predio. Dependiendo del planteo productivo o por motivos circunstanciales, estas áreas exclusivas pueden ser utilizadas tanto para la implantación de pasturas como para cultivos, fundamentalmente sorgo, maíz, alfalfa o pasturas mejoradas en función de la actividad ganadera. El resto del predio (80%) es destinado en el Parque Chaqueño a prácticas de RBI (Rolado de Baja Intensidad) donde se controla el estrato arbustivo, pero dejando un remanente de cobertura arbustiva mínimo del 30% por cada hectárea intervenida (Fig. 18) o raleos sucesivos para los bosques de ñire en la región Patagónica.

Figura 18. Esquema de distribución espacial a nivel predial de la propuesta Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) para Bosques del Chaco Semiárido de la provincia de Santiago del Estero.



Fuente: Navall et al., 2016.

En el país, diez provincias formalmente adhirieron al Convenio MBGI con diferentes grados de avance. Las provincias de Salta, Chaco, Formosa y Santiago del Estero firman la adhesión al convenio MBGI en el año 2015. Las provincias Patagónicas (Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego) firman el convenio en el año 2016 en el marco de las V Jornadas Forestales Patagónicas – III Jornadas Forestales de Patagonia Sur realizadas en la ciudad de Esquel (Chubut). Luego se adhiere la provincia de Jujuy firmando el acuerdo en el año 2018. Cada provincia tiene su comité técnico provincial MBGI integrados por autoridades relacionadas al bosque, ambiente y ganadería, como así también representantes de la ciencia y tecnología (INTA, Universidades, CONICET, Colegio de Ingenieros Agrónomos y Forestales) y productores. En estos comités técnicos se establecen en el marco del convenio nacional MBGI pautas de manejo adaptadas a cada región, planes de manejo y sitios pilotos representativos MBGI, capacitaciones dirigidas a formuladores y productores.

Indicadores de monitoreo aspecto clave para MBGI

Teniendo en cuenta los múltiples aspectos que involucra al MBGI es necesario evaluar y monitorear distintas variables relacionadas a las dimensiones socio-económicas y ambientales. Considerando que una característica de MBGI es el manejo adaptativo, actualmente se están instalando Sitios Pilotos en que serán monitoreadas en sus consecuencias sobre aspectos ambientales, productivos y socio-económicos a través de un sistema de indicadores elaborado

para este fin. Para el conjunto de lineamientos definidos en MBGI pretende que la combinación de actividades ganaderas y forestales permita el mantenimiento de los componentes estructurales y funcionales del bosque nativo, y por ende de sus servicios ecosistémicos. Es decir, los indicadores responden a los principios básicos de sustentabilidad: a) La capacidad productiva y la productividad del ecosistema deben mantenerse o mejorarse; b) La integridad del ecosistema y sus servicios deben mantenerse o mejorarse; c) El bienestar de las comunidades asociadas a su uso debe mantenerse o mejorarse. La importancia de contar con un conjunto de indicadores de seguimiento permitirá a los organismos gubernamentales con competencia en la gestión de los bosques nativos (por ejemplo, los Comité Técnicos Provinciales en la aplicación del MGBI), aparte de contar con una línea de base, evaluar el impacto de los Planes de Manejo sobre los principales procesos naturales en el estado de conservación de los bosques y en la calidad de vida de la población asociada a ellos.

En un proceso participativo (consulta amplia a expertos y trabajo de taller para la redefinición y priorización de indicadores) y por indicación de la Mesa Nacional MBGI se generaron los indicadores de monitoreo a escala predial. Por ejemplo, para la región Chaqueña se acordó por consenso de especialistas 17 indicadores (7 ambientales, 4 socio-económicos, 6 productivos) para el monitoreo a escala predial (Tabla 5) (Carranza et al., 2015; Allagia et al., 2019).

Tabla 5. Lista de los 17 indicadores de sustentabilidad para el monitoreo de MBGI en el Parque Chaqueño (Carranza et al., 2015; Allagia et al., 2019).

Indicador Ambiental	Indicador de Producción	Indicador Socio-económico
A1. Erosión de suelo	P1. Capacidad productiva forestal	SE1. Resultado Económico: Margen bruto anual del sistema productivo
A2. Materia Orgánica del Suelo	P2. Obtención de Productos Forestales no madereros (PFNM)	SE2. Grado de satisfacción del productor
A3. Regeneración del bosque	P3. Oferta forrajera	SE3. Trabajo: Mano de obra directa empleada anualmente por el sistema productivo
A4. Estructura y composición de la vegetación	P4. Productividad ganadera	SE4. Grado de adopción de la tecnología
A5. Configuración espacial y superficie del bosque a nivel de predio	P5. Eficiencia reproductiva ganadera	
A6. Funcionalidad del sistema	P6. Producción Forestal: Volumen de productos madereros extraídos	
A7. Dinámica de la captura de carbono		

En forma similar en el año 2016, con una metodología similar, se determinó 25 indicadores de sustentabilidad para el monitoreo de MBGI a nivel predial para la región Patagónica (Tabla 6).

Tabla 6. Lista de los 25 indicadores de sustentabilidad para el monitoreo de MBGI a nivel predial en la región Patagónica (Mesa Nacional Indicadores MBGI 2017).

Indicador Ambiental	Indicador de Producción	Indicador Socio-económico
A1. Cobertura de suelo y estratos inferiores	P1. Producción ganadera (carne)	SE1. Riesgo del emprendimiento productivo del predio
A2. Cobertura de los estratos de vegetación	P2. Eficiencia reproductiva	SE2. Evolución de la adopción tecnológica
A3. Especies invasoras e indicadores de degradación	P3. Producción forestal maderera	SE3. Capacidades de gestión
A4. Calidad de hábitat de arroyos y ríos	P4. Producción forrajera	SE4. Calidad y cantidad del trabajo
A5. Reclutamiento de frecuencias de especies arbóreas	P5. Producción de lana	SE5. Margen neto o bruto
A6. Conectividad de áreas con calidad de hábitat para la fauna	P6. Productos forestales no madereros	SE6. Satisfacción del productor
A7. Calidad de hábitat de especies de valor funcional	P7. Eficiencia de stock ganadero	
A8. Presencia de signos de erosión		
A9. Estructura y funcionalidad de la cobertura arbórea		
A10. Contenido de materia orgánica del suelo		
A11. Compactación del suelo		
A12. Calidad de agua		

Conclusiones y lineamientos futuros

Los resultados de las investigaciones y experiencias productivas posicionan a los sistemas silvopastoriles como una alternativa productiva en varias regiones de Patagonia y el Parque Chaqueño.

En un marco de uso sustentable (económico, ecológico y social) de los SSP es necesario propender a cubrir la falta de conocimiento en las regiones de bosque nativo del Espinal, Monte y las Yungas, como así también en áreas con potencial como la región Pampeana. Los sistemas de pastoreo en los SSP de las diferentes regiones se diferencian por su grado de intensidad, desde sistemas extensivos, caracterizados por largas extensiones de superficie (por ejemplo, en Patagonia existen grandes cuadros de 2000 a 5000 ha) y

baja inversión de trabajo y capital, hasta los intensivos donde la incorporación de recursos y tecnologías permite principalmente mejorar la calidad y cantidad de forraje disponible para los animales (por ejemplo, implantación de pasturas en SSP con plantación de pino en Misiones). Estos antecedentes dan pauta de la falta de información a nivel predial (escala espacial productiva) y en períodos anuales de producción. En este sentido, la escala espacial en general determinaría con mayor potencia el componente animal. Se deduce del análisis que sería conveniente propiciar ensayos o estudios con diseños experimentales simples a largo plazo (escalas temporales mayores), que pueda integrar mediciones de las diferentes disciplinas (producción forestal, ecología, pasturas, componente animal y economía) y que a la vez sea claramente presentado al productor como un área demostrativa que genere información que se puede ajustar a su establecimiento.

Se ha avanzado en el conocimiento de estos sistemas principalmente en la producción y calidad del componente forrajero e interacciones con el estrato arbóreo, y en menor medida en los aspectos relacionados a la producción animal. El conocimiento de estas interrelaciones entre árboles-pastos-animales nos brinda actualmente herramientas para el manejo del sistema silvopastoril, las cuales optimizarán la producción y la sustentabilidad del recurso. Los sistemas silvopastoriles en bosque nativo toman relevancia a partir de la promulgación de la *Ley de Presupuestos Mínimos Ambientales* para la protección de los bosques nativos, la cual podría financiar parte de los costos del manejo.

Sin embargo, por tratarse de sistemas complejos, aún resta profundizar varios aspectos relacionados al manejo de estos sistemas silvopastoriles, los cuales pueden tomarse como lineamientos futuros de acción para el sector de investigación, productores e instituciones dedicadas al desarrollo. A modo orientativo se sugieren los siguientes lineamientos futuros: (i) Estudios de producción y manejo animal a escala de establecimientos durante todo un ciclo productivo. (ii) Fortalecer la factibilidad de instalación de industrias primarias o secundarias alternativas (producción de tableros, parquet, muebles) con el fin de aumentar el valor agregado de los productos madereros provenientes de los sistemas silvopastoriles. (iii) Es importante brindar herramientas económicas actualizadas y a diferentes escalas (predial y provincial) en el marco del uso silvopastoril. (iv) Son necesarios futuros estudios que profundicen sobre el impacto a nivel paisaje, la conectividad para la vida silvestre a escala regional, el mantenimiento de la biodiversidad y los servicios ambientales. (v) Integrar el conocimiento generado con políticas de desarrollo local, provincial y nacional para la expansión y mejor uso de los sistemas silvopastoriles en bosque nativo.

Para que MBGI alcance los objetivos de aumentar la productividad conservando los demás servicios ecosistémicos de los bosques nativos, necesariamente los planes de manejo prediales deben estar contextualizados en relación a su conectividad con el resto del paisaje y al ámbito socio-productivo en que se desarrollan. Tratándose de una propuesta de manejo sustentable adaptativo, es fundamental que MBGI se entienda como proceso y que como tal se monitoree su desempeño en el tiempo. Asimismo, es necesario generar una red de Sitio Pilotos con un monitoreo Socio-Ambiental de MBGI. El monitoreo de corto-mediano y largo plazo, debería

llevarse a cabo en Sitios Pilotos en predios con bosques de las Ecorregiones del Chaco y de Patagonia que evalúen (experimentalmente) diferentes niveles y configuraciones de intervención y sus efectos sobre funciones y servicios ambientales claves.

Referencias

- Alaggia F.; Cabello M.J.; Carranza C.; Cavallero L.; Daniele G.; Erro M.; Ledesma L.; López D.R.; Mussat E.; Navall M.; Peri P.L.; Rusch V.; Sabatini A.; Saravia J.J.; Uribe Echevarría J.; Volante J.(2019). Manual de Indicadores para Monitoreo de Planes Prediales para el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) Región Parque Chaqueño (Carranza C.; Peri P.L.; Navall M. Eds.), 84 pp. Editorial INTA.
- Albanesi, A, Kunst C (ex aequo), Anriquez A, Silberman J, Ledesma R, Navall M, Dominguez Nuñez JA, Duffau RA, Suarez RA, Werenistky D, Coria D, Coria O (2013) Rolado selectivo de baja intensidad (RBI) y sistemas silvopastoriles de la región chaqueña. In: Albanesi A, Paz R, Sobrero MT, Helman S, Rodriguez S (eds) Hacia la Construcción del Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial de la FAyA al NOA. Ediciones Magna Publicaciones, Tucumán.
- Bahamonde H.; Gargaglione V.; Ormaechea S.; Peri P.L.(2018a). Interacciones ecológicas en bosques de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia sur continental. Ecosistemas 27(3): 106-115.
- Bahamonde H.; Lencinas M.V.; Martínez Pastur G.; Monelos L.; Soler R.; Peri P.L.(2018b). Ten years of seed production and establishment of regeneration measurements in *Nothofagus antarctica* forests under different crown cover and quality sites, in Southern Patagonia. Agroforestry Systems 92: 623-635.
- Bahamonde H.; Peri P.L.; Alavarez R.; Barneix A.; Moretto A.; Martínez Pastur G.(2012b). Litter decomposition and nutrients dynamics in *Nothofagus antarctica* forests under silvopastoral use in Southern Patagonia. Agroforestry Systems 84: 345-360.
- Bahamonde H.; Peri P.L.; Alavarez R.; Barneix A.; Moretto A.; Martínez Pastur G.(2013b). Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. Agroforestry Systems 87: 259-271.
- Bahamonde H.; Peri P.L.; Mayo J.P. (2014). Modelo de simulación de producción de materia seca y concentración de proteína bruta de gramíneas creciendo en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. bajo uso silvopastoril. Ecología Austral 24: 111-117.
- Bahamonde H.A.; Peri P.L.; Martínez Pastur G.; Monelos L.(2015). Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. European Journal of Forest Research 134: 113–124.
- Bahamonde H; Peri P.L.; Monelos L.; Martínez Pastur G.(2013a). Regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur, Argentina. Bosque 34(1): 89-101.

- Bahamonde, H., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G. (2012a). Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. *Ecología Austral* 22: 62-73.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V. (2009). Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. *Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Posadas, Misiones, Argentina.
- Bonino, N.(2006). Interacción trófica entre el conejo silvestre y el ganado doméstico en el noroeste de la Patagonia Argentina. *Ecología Austral* 16: 135-142.
- Braat, L., de Groot, R.(2012). The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* 1: 4–15.
- Brassiolo, M.; Araujo, P.; Díaz Lanes, F. y Bonelli, L.(2007). Guías de prácticas sustentables para las áreas forestales de la provincia de Santiago del Estero – Manejo Forestal. Anexo II de la Ley Provincial 6841 “Conservación y uso múltiple de las áreas forestales de Santiago del Estero”.
- Bravo S (2008) Manejo de rolados: caracteres estructurales de leñosas que influyen la producción de rebrotes, frente a tratamientos mecánicos. In: Kunst C, Ledesma R, Navall M (eds) Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Ediciones INTA, Santiago del Estero, pp 126–131
- Carabelli, E., Peri, P.L.(2005). Criterios e Indicadores de sustentabilidad (C&I) para el Manejo Sustentable de los Bosques Nativos de Tierra del Fuego – Una herramienta metodológica para la determinación de los C&I en Patagonia, 88 pp. Ediciones INTA, Buenos Aires. ISBN 987-521-178-8.
- Carranza C.; Daniele G.; Cabello M.J.; Peri P.L.(2015). Indicadores para el monitoreo a escala predial en el marco del Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), 18 pp. MAGyP-SAyDS-INTA.
- Carranza, C.A. (2009). Sistemas silvopastoriles en bosque nativo del Chaco Argentino. *Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, pp. 48-58. Posadas, Misiones.
- Carranza, C.A., Ledesma, M. (2005). Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. *IDIA XXI Forestales*. Ed INTA. Año V N° 8: 240-246.
- Day K.(1998).. Stocking standards for uneven-aged interior Douglas fir. In Vyse A, C Hollstedt, D Huggard (eds.) *Managing the dry Douglas-fir forests of the southern interior: Workshop Proceedings*. Victoria, Canada. B.C. Min. For. p. 37-52.
- Dirección de Bosques – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005). *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos*. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR, 116 pp.
- Fertig, M.(2006). Producción de carne bajo distintos sistemas de pastoreo en ñirantales del Noroeste del Chubut. *Carpeta Técnica, Ganadería N° 21*, Junio 2006. EEA INTA Esquel.
- Fertig, M., Hansen, N., Tejera, L.(2007). Producción forrajera en bosques de *Nothofagus an-*

- tarctica* (ñire). Actas IV Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales, 19 pp. San Luis, Argentina.
- Fertig, M., Hansen, N., Tejera, L.(2009). Productividad y calidad forrajera en raleos en bosques de ñire *Nothofagus antarctica*. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 358-363. Posadas, Misiones.
- Fumagalli A., Cornachionne M.(2002). Recría de Vaquillonas Sobre Pasturas Subtropicales. En: INTA-EEASE. (2001). Avances y resultados en investigación 1995-2000. Campo Experimental La María. INTA EEA Santiago del Estero, Argentina. pp. 26-32.
- Gallo, E., Lencinas, M.V., Peri, P.L.(2004). Biodiversidad en los ñirantales. *Alternativas de Manejo Sustentable para el Manejo Forestal Integral de los bosques de Patagonia*. Informe Final del Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON), Tomo II: 645-670. Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR.
- Gargaglione V., Peri P.L., Martínez Pastur G.(2008). Estimación de la biomasa aérea y subterránea de *Nothofagus antarctica* para diferentes clases de copa y edades. Actas Segunda Reunión sobre Nothofagus en la Patagonia – EcoNothofagus 2008, pp. 131-136. Esquel, Chubut, 22 al 24 Abril 2008.
- Gargaglione V., Peri P.L., Martínez Pastur G.(2009). Contenido de N, P y K en rodales de Nothofagus antarctica bajo un sistema silvopastoril en Santa Cruz, Argentina. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 104-109, Ediciones INTA. Posadas, Misiones, 14 al 16 de mayo 2009.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Monelos L.; Ormaechea S.; Ceccaldi E.; Lencinas M.V.; Martínez Pastur G.(2012). Respuesta de la vegetación herbácea a raleos en bosques de ñire en Patagonia Sur. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 40-45, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo 2012.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Rubio G.(2013). Partición diferencial de nutrientes en árboles de *Nothofagus antarctica* creciendo en un gradiente de calidades de sitio en Patagonia Sur. Bosque 34(3): 291-302.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Rubio G.(2014). Tree-grass interactions for N in *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems: Evidence of facilitation from trees to underneath grasses. Agroforestry Systems 88(5): 779-790.
- Gingrich, S.F.(1967). Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the central states. For. Sci. 7:35-42.
- Gomez, A., Navall, M. (2008). Efecto del rolado sobre la estructura del bosque. Implicancias para el manejo forestal. En: RBI. Rolado selectivo de Baja Intensidad. Editores: C Kunst, R Ledesma y M Navall. INTA EEA Santiago del Estero. Ed . INTA, pp. 118-125.
- Hansen, N., Fertig, M., Escalona, M., Tejera, L., Opazo, W.(2008). Ramoneo en regeneración de ñire y disponibilidad forrajera. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – EcoNothofagus 2008. Esquel, Chubut, pp. 137-142.
- Hawley, R. C. & Smith, D. M., 1972. Silvicultura práctica. Ediciones Omega, S. A

- INTA Informa.(2020). Desarrollan un prototipo de rolo autopropulsado para silvopastoriles. <https://intainforma.inta.gob.ar/desarrollan-un-prototipo-de-rolo-autopropulsado-para-silvopastoriles/>
- Ivancich H., Soler Esteban R., Martínez Pastur G., Peri P.L., Bahamonde H. (2009). Índice de densidad de rodal aplicado al manejo silvopastoril en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 245-250. Posadas, Misiones.
- Kunst C, Ledesma R, Basan M, Angella G, Prieto D, Godoy J (2003) Rolado de fachinales e infiltración de agua en el suelo en el Chaco occidental argentino. Revista de Investigaciones Agropecuarias 32:105–122
- Kunst, C, Marcelo Navall, Roxana Ledesma, Juan Silberman, Analía Anríquez, Darío Coria, Sandra Bravo, Adriana Gómez, Ada Albanesi, Daniel Grasso, José A. Dominguez Nuñez, Andrés González, Pablo Tomsic, and José Godoy.(2016). Silvopastoral Systems in the Western Chaco Region, Argentina. In book: Silvopastoral Systems in Southern South America, Advances in Agroforestry Edition:1 Chapter:4 Publisher: Springer International Publishing Switzerland. Editors: P.L. Peri et al.
- Kunst, C. (2008). Implementación de rolados. Aspectos generales: rolados selectivos de baja intensidad. En: RBI. Rolado selectivo de Baja Intensidad. Editores: C Kunst, R Ledesma y M Navall. INTA EEA Santiago del Estero. Ed . INTA, pp. 8-16.
- Kunst, C.; Ledesma, R.; Navall, M.; Gómez, A.; Coria, D.; Arroquy, J.; Avila, M.; Tomsic, P.; González, A.; Albanesi, A.; Anríquez, A.; Silberman, J.; Bravo, S.(2015). RBI, Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Guía de campo. INTA EEA Santiago del Estero.
- Manacorda, M., Somlo, R., Pelliza Sbriller, A, Willems, P.(1996). Dieta de ovinos y bovinos en la región de los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Río Negro y Neuquén. Comunicación Técnica N° 59, Serie Pastizales Naturales, Área Recursos Naturales, INTA EEA Bariloche.
- Martínez Pastur G., Peri P.L., Lencinas M.V., Cellini J.M., Barrera M.D., Soler Esteban R., Ivancich H., Mestre L., Moretto A.S., Anderson C., Pulido F.(2013). La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: Silvicultura en Bosques Nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda (Eds. Donoso P. y Promis A.), pp. 171-197 (Capítulo 8). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Martínez Pastur G.; Soler R.; Lencinas M.V.; Cellini J.M.; Peri P.L.(2018). Long-term monitoring of thinning for silvopastoral purposes in *Nothofagus antarctica* forests of Tierra del Fuego, Argentina. Forest Systems 27 (1), e01S.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Peri, P.L., 2008. Potencialidad de la cosecha y rendimiento industrial de bosques de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego (Argentina). Actas IV Congreso Chileno de Ciencias Forestales, 10 pp. Talca, Chile, 1-3 octubre 2008.
- Miller, G. W. & Smith, H. C.(1993). A practical alternative to single-tree selection? Northern Journal of Applied Forestry, Society of American Foresters, 10, pp 32-38
- Monaco M.; Peri P.L.; Medina F.A.; Colomb H.; Rosales V.A.; Berón F.; Manghi E.; Miño M.L.;

- Bono J.; Silva J.; González Kehler J.J.; Ciuffoli L.; Presta F.; García Collazo A.; Navall M.; Carranza C.; López D.; Gómez Campero G. (2020). Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas. Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS), 60 pp. Buenos Aires
- Morello, J.; Pengue, W., Rodríguez, A. (2005). Etapas de uso de los recursos y desmantelamiento de la biota del Chaco. Revista Fronteras n°4. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente
- Navall M., Peri P.L., Merletti G., Monaco M., Carranza C. Y Medina A. (2016). Acuerdo MBGI: Una iniciativa para devolver el significado a los Sistemas Silvopastoriles sobre bosques nativos. *Quipu Forestal* 2: 20-21.
- Navall, M. (2008). Rolados y manejo forestal. En: RBI. Rolado selectivo de Baja Intensidad. Editores: C Kunst, R Ledesma y M Navall. INTA EEA Santiago del Estero. Ed INTA, pp. 72-85.
- Navall, M., Cassino, W., Carignano, L. y D'Angelo, P. (2013). "Un nuevo método de marcación de cortas en bosques irregulares". Trabajo completo presentado en el "IUFROLAT - 3er Congreso Forestal Latinoamericano". San José de Costa Rica, junio de 2013.
- Navall, M., Cassino, W., Carignano, L. y D'Angelo, P. (2013b). SilvoINTA: una aplicación móvil para asistir la silvicultura de bosques irregulares. IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Iguazú.
- Nienaber, G. (1999). Stand and tree dynamics in uneven-aged Interior Douglas-fir stands Faculty of Forestry, Msc Thesis, University of British Columbia.
- O'Hara, K.; Gersonde, R. (2004). Stocking control concepts in uneven-aged silviculture. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 77, Issue 2, 1 January 2004, Pages 131–143, <https://doi.org/10.1093/forestry/77.2.131>
- Oliver, C. D.; Larson, B. C. (1996). Forest stand dynamics: updated edition. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, WA, USA. 520 pp.
- Ormaechea S., Peri P.L., Molina R., Mayo J.P. (2009). Situación y manejo actual del sector ganadero en establecimientos con bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 385-393. Posadas, Misiones.
- Ormaechea S.; Gargaglione V.; Bahamonde H.; Escribano C; Ceccaldi E; Peri P.L. (2018). Producción bovina bajo manejo silvopastoril intensivo a escala de establecimiento y ciclo completo en Tierra del Fuego, Argentina. *Livestock Research for Rural Development* 30(2), 33
- Ormaechea S.; Peri P.L.; Anchorena J.; Cipriotti P. (2014). Pastoreo estratégico de ambientes para mejorar la producción ovina en campos del ecotono bosque-estepa en Patagonia Sur. *Revista Argentina de Producción Animal* 34(1): 9-21.
- Ormaechea S.; Peri P.L.; Ceccaldi E. (2012). Uso espacial de vacunos bajo dos tipos de manejo ganadero en establecimiento con bosque de ñire. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 94-99, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L. (2009b). Sistemas silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 10-26. Posadas, Misiones.
- Peri P.L. (2009a). Evaluación de pastizales en bosques de *Nothofagus antarctica* – Método

- Ñirantal Sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 335-342, Ediciones INTA. Posadas, Misiones, 14 al 16 de Mayo 2009.
- Peri P.L.(2012). Implementación, manejo y producción en SSP: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 8-21, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L.(2020). Método de evaluación de pastizales en el ecosistema boscoso de ñire. En: Métodos de evaluación de pastizales en Patagonia Sur (Eds. Massara Paletto V.; Buono G.). Capítulo 10, pp. 189-206. Ediciones INTA, Centro Regional Patagonia Sur, Buenos Aires.
- Peri P.L., Bahamonde H.A.(2012). Digestibilidad de gramíneas creciendo en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 264-269. Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L., Banegas N., Gasparri I., Carranza C., Rossner B., Martínez Pastur G., Cavallero L., López D.R., Loto D., Fernández P., Powel P., Ledesma M., Pedraza R., Albanesi A., Bahamonde H., Iglesia R.P., Piñeiro G.(2017b). Carbon Sequestration in Temperate Silvopastoral Systems, Argentina. In: Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty (F. Montagnini Ed.), Advances in Agroforestry 12, Chapter 19, pp. 453-478. Springer International Publishing.
- Peri P.L., Hansen N., Rusch V., Tejera L., Monelos L., Fertig M., Bahamonde H., Sarasola M., (2009). Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire) ñire en Patagonia. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 151-164. Posadas, Misiones.
- Peri P.L., López D.R., Rusch V., Rusch G., Rosas Y.M., Martínez Pastur G.(2017c). State and transition model approach in native forests of Southern Patagonia (Argentina): linking ecosystemic services, thresholds and resilience. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 13(2): 105-118.
- Peri P.L.; Bahamonde H.; Lencinas M.V.; Gargaglione V.; Soler R.; Ormaechea S.; Martínez Pastur G. (2016c). A review of silvopastoral systems in native forests of *Nothofagus antarctica* in southern Patagonia, Argentina. Agroforestry Systems 90: 933-960.
- Peri P.L.; Caballe G.; Hansen N.E.; Bahamonde H.A.; Lencinas M.V.; Von Müller A.R.; Ormaechea S.; Gargaglione V.; Soler R.; Sarasola M.; Rusch V.; Borrelli L.; Fernandez M.E.; Gyenge J.; Tejera L.E.; Lloyd C.E.; Martínez Pastur G.(2017a). Silvopastoral systems in Patagonia, Argentina. In: Temperate Agroforestry Systems (Eds. Gordon A.M.; Newman S.M.; Coleman B.R.W.), Chapter 11, pp. 252-273. CAB International, Wallingford, UK.
- Peri P.L.; Chara J.; Mauricio R.M.; Bussoni A.; Escalante E.E.; Sotomayor A.; Pérez Márquez S.; Colcombet L.; Murgueitio E.(2019). Implementación y producción en SSP de Sudamérica como alternativa productiva: Beneficios, limitaciones y desafíos. Actas X Congreso Internacional de Sistema Silvopastoriles, pp. 263-291. Asunción, Paraguay, 24-26 de setiembre 2019
- Peri P.L.; Dube F.; Varella A.(2016). Silvopastoral systems in the subtropical and temperate zones of South America: An overview. In: Silvopastoral Systems in Southern South America

- (Eds. Peri P.L.; Dube F.; Varella A.), Chapter 1, pp. 1-8. *Advances in Agroforestry*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Peri P.L.; Gargaglione V.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V.(2010). Carbon accumulation along a stand development sequence of *Nothofagus antarctica* forests across a gradient in site quality in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 260: 229-237.
- Peri P.L.; Hansen N.E.; Bahamonde H.A.; Lencinas M.V.; Von Müller A.R.; Ormaechea S.; Gargaglione V.; Soler R.; Tejera L.E.; Lloyd C.E.; Martínez Pastur G.(2016b). Silvopastoral systems under native forest in Patagonia Argentina. In: *Silvopastoral Systems in Southern South America* (Eds. Peri P.L.; Dube F.; Varella A.), Chapter 6, pp. 117-168. *Advances in Agroforestry*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Peri P.L.; Mayo J.P.; Christiansen R.(2012). Producción y calidad del pastizal mejorado con trébol blanco en sistemas silvopastoriles de ñire en Patagonia. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, pp. 70-75, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L.; Monelos L.; Martínez Pastur G.; Ivancich H.(2013). Raleo en bosque de *Nothofagus antarctica* para uso silvopastoril en Santa Cruz. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur y 2do Congreso Internacional Agroforestal Patagónico* (Ed. Peri, P.L.), pp. 96. INTA-Instituto Forestal de Chile-UNPA-CONICET. El Calafate, Santa Cruz, 16 al 18 de Mayo de 2013
- Peri P.L.; Viola M.; Martínez Pastur G.(2005d). Estimación del contenido de carbono en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur. *Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*, Comisión Deforestación. 9 pp (Presentación 9). Corrientes, 6-9 septiembre 2005.
- Peri, P.L.(2005). Sistemas Silvopastoriles en Ñirantales. *IDIA XXI Forestal*. Año V. N ° 8 pp. 255-259.
- Peri, P.L.(2008). Respuesta de ovinos a pastizales creciendo en diferentes coberturas de copas en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. *Zootecnia Tropical* 26(3): 363-366.
- Peri, P.L., Bahamonde, H., Monelos, L., Martínez Pastur, G.(2008b). Producción de hojarasca en bosques primarios y bajo manejo silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Actas Segunda Reunión sobre Nothofagus en la Patagonia – EcoNothofagus 2008*, pp. 149-155. Esquel, Chubut.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G.(2005c). Cambios en la compartimentalización aérea y subterránea de los macro nutrientes en gradientes de edad y clases de copa. *Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*, Comisión Silvicultura Bosque Nativo, 10 pp., Corrientes.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G.(2006c). Dynamics of above- and below-ground biomass and nutrient accumulation in an age sequence of *Nothofagus antarctica* forest of Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 233: 85-99.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G.(2008a). Above- and belowground nutrients storage and biomass accumulation in marginal *Nothofagus antarctica* forests in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 255: 2502-2511.

- Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L., Allogia, M., Livraghi, E., Christiansen, R., Sturzenbaum, M.V.(2005a). Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire: una estrategia para el desarrollo sustentable en la Patagonia Sur. En: *Dinámicas Mundiales, Integración Regional y Patrimonio en Espacios Periféricos* (Eds. Zárate R. y Artesi L.), pp.251-259. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos.
- Peri, P.L., Monelos, H.L., Bahamonde, H.A.(2006a). Evaluación de la continuidad del estrato arbóreo en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril con ganado ovino en Patagonia Sur, Argentina. Actas IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible. Varadero, Cuba, 6 pp.
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moretto, A., Mayo, J.P.(2005b). Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 10 pp.
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Rivera, E.H., Milicevic, F.(2006b). Respuesta de bovinos en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. Actas IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible, 7 pp., Varadero, Cuba.
- Quinteros, C.P., Hansen, N., Kutschker, A.(2008). Diferenciación de la vegetación del sotobosque en diferentes tipos de bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – EcoNothofagus 2008. Esquel, Chubut, pp. 44.
- Rusch V.E.; López, D.R.; Cavallero L.; Rusch G.M.; Garibaldi L.A., Grosfeld J.E.; Peri P.L., (2017). Modelo de Estados y Transiciones de los ñirantales del NO de la Patagonia como herramienta para el uso silvopastoril sustentable. *Ecología Austral* 27: 266-278.
- Rusch, V., Roveta, R., Peralta, C., Márques, B., Vila, A., Sarasola, M., Todaro, C., Barrios, D., (2004). Indicadores de sustentabilidad en sistemas silvopastoriles. *Alternativas de Manejo Sustentable para el Manejo Forestal Integral de los bosques de Patagonia*. Informe Final del Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON), Tomo II: 681-797. Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR.
- Rusch, V., Sarasola, M., Hansen, N., Roseta, R.(2009b). Criterios e Indicadores como Método para guiar la Sustentabilidad. b-Aspectos productivos y socioeconómicos en sistemas silvopastoriles con ñire (*Nothofagus antarctica*). Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 368-379, Posadas, Misiones.
- Rusch, V., Sarasola, M., Hansen, N., Roveta, R.(2009a). Criterios e Indicadores como Método para guiar la Sustentabilidad.Principios generales, y Criterios e Indicadores ambientales en sistemas silvopastoriles con ñire (*Nothofagus antarctica*). Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 109-164. Posadas, Misiones.
- Rusch, V., Varela, S., 2019. Bases para el manejo de bosques nativos con ganadería en Patagonia Norte. Buenos Aires, Ediciones INTA, 160 pp.

- Sarasola, M., Fernández, M.E., Gyenge, J., Peyrou, C.(2008b). Respuesta de los ñire al raleo en la cuenca del río Foyel. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – EcoNothofagus 2008, pp. 47. Esquel, Chubut.
- Salado, E.E., Fumagalli, A.E.(2003). Suplementación energético-proteica de novillos sobre *Gatton panic*. Rev. Arg. Prod. Anim. 23 Supl.1: 5-6.
- Sarasola, M., López, D., Gaitán, J., Siffredi, G.(2008a). Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques de ñire en la cuenca del río Foyel. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – EcoNothofagus 2008, pp. 156-164. Esquel, Chubut.
- Saravia, J., Renolfi, R., Roldan Bernhard, S., Piedrasanta, R.(2019). Unidad demostrativa de recría de vaquillonas, en un sistema silvopastoril en bosque nativo en el semiárido santiagueño. En: Producción bovinos para carne (2013-2017) Programa Nacional de Producción Animal INTA (Eds. Pasinato, A., Grigioni, G., Alende, M.), INTA Anguil, La Pampa, pp. 81-86.
- SAyDS.(2005). Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, pp. 86.
- Soler Esteban R.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V.; Ivancich H.; Peri P.L.(2012). Regeneración natural de *Nothofagus antarctica* bajo distintos niveles de dosel y usos del bosque. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 283-288, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Soler Esteban R.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V.; Peri P.L.(2010). Flowering and seeding patterns in primary, secondary and silvopastoral managed *Nothofagus antarctica* forests in South Patagonia. New Zealand Journal of Botany 48(2): 63-73.
- Somlo, R., Bonvissuto, G., Schlichter, T., Laclau, P., Peri, P.L., Allogia, M.(1997). Silvopastoral use of Argentine Patagonian forest. En: Temperate Agroforestry System (Ed. Gordon A.M. and Newman S.M.), pp. 237-250. Editorial CAB International, Wallingford, UK.
- Tejera, L., Hansen, N., Fertig, M.(2005). Efecto de la cobertura arbórea y del pastoreo vacuno sobre el establecimiento de la regeneración de *Nothofagus antarctica* (G. Forst) Oerst. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 7 pp.
- Veirano Fréchou, R. (2002). Bovinos de carne. En: La actividad pecuaria en el MERCOSUR. IIAC Biblioteca Venezuela. Asunción-Paraguay. pp. 37-66.
- Yayneshet, T., Eik, L.O., Moe, S.R. (2008). Influences of fallow age and season on the foraging behavior and diet selection pattern of goats (*Capra hircus* L.). Small Ruminant Research 77:25-

CAPÍTULO 7

Sistemas silvopastoriles en el Nordeste de Argentina

Jorge Isaac Esquivel

Como se mencionó en capítulos anteriores, entendemos por **Sistemas Silvopastoriles (SSP)**, la combinación intencional de árboles, ganado y forrajeras en la misma superficie produciendo equilibradamente, teniendo en cuenta al ambiente, las personas y el beneficio económico.

Introducción

En el Nordeste de la República Argentina, a mediados de la década del '80, empresas extranjeras invirtieron en plantaciones forestales con destino a la industria celulósica, generando un aumento del valor de la tierra y el traspaso de aproximadamente 200.000 hectáreas desde productores ganaderos y yerbateros, hacia aquellas empresas forestales. La baja productividad de la producción ganadera, 30 a 50 kg/ha/año en campos sobrevaluados en su valor de venta, tornaba a la actividad muy poco rentable. Las opciones manejadas por los productores fueron: vender sus propiedades y comprar en otras regiones (con menor precio de la tierra y mejores pastizales naturales) para continuar la producción ganadera o incorporar el negocio forestal a sus actividades tradicionales. Gracias a la Ley de promoción forestal N° 25.080 (capítulo 13), muchos ganaderos pudieron plantar árboles sin correr el riesgo de desfinanciarse por falta de capital circulante. Este fuerte programa de fomento estatal permitió aumentar la superficie forestada hasta el año 2000, a partir del cual la tasa de plantación disminuyó drásticamente al incumplir el Estado atrasando los pagos a los productores. Una característica particular del sector forestal argentino a diferencia del brasilero, chileno o uruguayo es que aquí los productores familiares tienen una alta proporción de las hectáreas forestadas en el país; esto en parte es debido a la alta proporción de pequeñas y medianas industrias de la madera y la menor incidencia de la actividad celulósica. Tenemos entonces, un productor forestal sin saber a quién vender y un industrial que instala su aserradero sin saber a quién le comprará la madera.

La Provincia de Corrientes cuenta con una superficie total de 8.9 millones de hectáreas, descontando la superficie ocupada por los humedales de los Esteros del Iberá y Bosques Nativos (0.7 millones de hectáreas), otros cultivos (*Ilex paraguariensis*, *Camelia sinensis*,

Citrus sinensis, *Zea mayz*, *Oryza sativa*), la superficie disponible para ganadería es de 5.7 millones de hectáreas pastoreadas por 5.1 millones de cabezas de ganado vacuno. Además, cuenta con cerca de 0.5 millones de hectáreas forestadas. Ambos sectores productivos (ganadero y forestal) tienen planes estratégicos de crecimiento, tanto en cabezas de ganado como de hectáreas forestadas respectivamente. Pero si tenemos en cuenta que la superficie disponible es la misma, una opción inteligente de uso del suelo sería compartir la tierra a través de los Sistemas Silvopastoriles. Hoy existen aproximadamente 50 mil hectáreas con SSP, siendo potencialmente posibles llegar a un millón de hectáreas, sin desplazar a la ganadería.

En Nueva Zelanda se iniciaron regímenes de manejo denominados "Directos para aserraderos", en los cuales al momento de realizar la última poda se definía la densidad final hasta el momento de cosecha. Con este manejo era posible el ingreso de luz debajo del dosel forestal permitiendo el crecimiento de los pastos y consecuentemente su utilización con pastoreo. El fundamento técnico era producir madera de calidad en el menor tiempo posible, favoreciendo el crecimiento individual al disminuir la competencia, concentrando el crecimiento forestal en un número reducido de árboles. Un axioma que debe comprenderse desde el inicio es que en los SSP se produce menor cantidad de madera (existe un sub aprovechamiento del suelo forestal) pero el producto final tiene mayor rendimiento industrial y por lo tanto mayor valor unitario que la madera producida por una forestación con manejo tradicional.

Figura 1: Sistema Silvopastoril con *Pinus taeda*, *Axonopus catarinensis* y vaquillas Braford 3/8 en Establecimiento El Molino (Puerto Esperanza. Misiones)



Fuente: propia

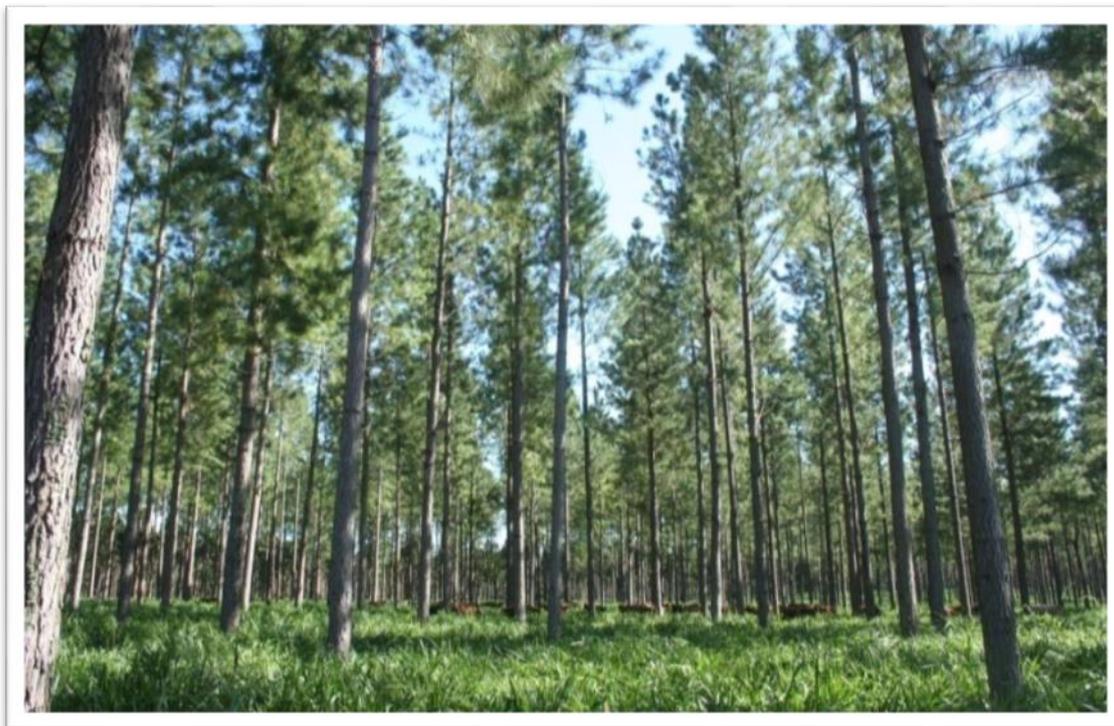
Aspectos prácticos del manejo de los Sistemas Silvopastoriles

El productor ganadero mediano puede incorporar las forestaciones a su predio, de dos maneras: plantando con altas densidades y desplazando a la ganadería (forestaciones tradicionales o en macizo) o combinar los árboles con la ganadería produciendo carne y madera en la misma superficie (Sistema Silvopastoril, SSP). Este modelo productivo tuvo amplia aceptación por los productores que consideraban a la actividad ganadera su principal fuente de ingresos, además de una fuerte tradición cultural hacia la cría de vacas. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en poco tiempo generó un paquete tecnológico cuya base fueron conceptos muy claros: utilizar la mejor calidad genética de árboles (Ej. pino híbrido, *Pinus elliotii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*), plantar con la mejor tecnología posible (buena preparación del suelo, control de malezas y control de hormigas, distanciamientos mayores con menores densidades iniciales), realizar raleos precoces (reducir gradualmente el número de árboles en la plantación para concentrar el crecimiento en los mejores individuos) para evitar el sombreado de las pasturas, podar las ramas gradual y selectivamente para producir madera de calidad (gruesa y libre de nudos), difundir el uso de pasturas tolerantes a la sombra (Ej. Pasto Jesuita Gigante, *Axonopus catarinensis*), además de desarrollar modelos de predicción del crecimiento de los árboles (Simulador PlaforNea, Trozado Forestal). Haber focalizado la investigación en pocos rubros permitió la incorporación de la tecnología por parte de muchos estratos de productores (grandes, medianos y pequeños). Los SSP manejan múltiples variables que tienen una lógica común: maximizar el uso de los recursos.

Las especies forestales plantadas en la región tienen destino maderable, siendo de rápido crecimiento, exóticas y mejoradas genéticamente, las más utilizadas son: *Pinus taeda*, *Pinus elliotii*, *Pinus caribaea*, *Pinus elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Eucalyptus grandis*, *Grevillea robusta*, *Melia azedarach* (paraíso), *Paulownia* sp (kiri).

Las especies forrajeras, mayoritariamente gramíneas, además de los pastizales naturales del Bioma Pampa, fueron introducidas, siendo las principales *Brachiaria brizantha* cvs Marandú y MG5; *Setaria sphacelata* cv Narok; *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum* entre las que producen semillas. Las que se propagan por vía vegetativa: *Axonopus catarinensis*, *Acroceras macrum*, *Cynodon nlemfuensis* y *Pennisetum purpureum*. Los modelos ganaderos utilizados varían desde la cría con venta de los terneros al destete hasta el ciclo completo engordando los novillos con destino a frigorífico. Considerando el manejo silvícola y las distintas cadenas forrajeras, las combinaciones pueden ser muy numerosas, impidiendo establecer "recetas" para los SSP (Figura 2).

Figura 2: Sistema Silvopastoril en Puerto Esperanza (Misiones. RA). *Pinus elliottii* x *P. caribaea* combinados con *Urochloa brizantha* cv Marandú.



Fuente: propia

De acuerdo a la especie y al manejo forestal seleccionado, el porcentaje de utilización del suelo para pastoreo puede oscilar entre un 44% y 88% si el componente forestal es *Pinus* o 33% hasta 92% si es *Eucalyptus*. Dependiendo del período de utilización por el ganado, podemos clasificar a los SSP en temporarios o permanentes (período de pastoreo del SSP superior al 80%). Uno de los mayores costos de los SSP es el período inicial de clausura (3 años en *Pinus* y 1.5 años en *Eucalyptus*), éste período se puede aprovechar con cultivos agrícolas, confección de reservas forrajeras o cosecha de semillas de pastos, cuando la configuración de plantación así lo permita. En establecimientos donde el manejo del pastoreo es más intensivo, no existe período de clausura cuando se utilizan los callejones separando las hileras de árboles con alambrado eléctrico.

Desde el punto de vista del manejo de las forrajeras, la principal ventaja en zonas subtropicales es la protección ante eventuales heladas que terminan secando los pastos (Figura 3). Esta ventaja también se manifiesta en los períodos de sequías, donde la menor evapotranspiración y protección del efecto desecante de los vientos, permite contar con pastos verdes por más tiempo. El sombreado de las pasturas evita que se desarrollen temprano estructuras de sostén, mejorando la calidad aumentando el porcentaje de Proteína Bruta. Sin embargo, hay que tener mucho cuidado ya que el límite de crecimiento está definido por un porcentaje de luz cercano al 50% (con respecto al cielo abierto), siendo la mayoría de las veces una variable difícil de manejar con el crecimiento continuo de los árboles.

Figura 3: Efecto de las heladas sobre la pastura de *Brachiaria brizantha* a cielo abierto y debajo del dosel de *Eucalyptus grandis*.



Establecimiento Timbó (Garabí, Corrientes). Fuente propia.

Una vez seleccionado el suelo, las especies forestales, forrajeras y el manejo durante la plantación, el éxito del SSP dependerá de la correcta realización de dos operaciones: el raleo y la poda. Mediante. Los raleos disminuyen la densidad de árboles permitiendo el ingreso de luz y el crecimiento diamétrico de los árboles seleccionados. Las podas se utilizan para quitar las ramas basales y así mejorar la calidad de la madera (libres de nudos). Ambas tareas silvícolas deben tener una secuencia tal que no afecten el normal pastoreo de los animales. Existe una medida máxima para el diámetro del cilindro defectuoso que contiene las ramas cortadas, a partir del cual comenzamos a producir madera de calidad. Es importante que tanto la poda como el raleo sean realizados en el momento oportuno y sean considerados en el proyecto de inversiones. En muchos casos los gastos de podas y raleos no comerciales igualan al costo de plantación del primer año.

Es importante definir bien la densidad de plantación. En un principio los productores silvo-pastoriles plantaban los árboles con las mismas configuraciones de una plantación en macizo (3x2: 3 metros entre hileras por 2 metros entre plantas, 3x3, 4x2 o 4x2.5m.). Luego fueron aumentando la distancia entre las hileras de plantación a 5, 6 o 7 metros. El manejo de las densidades se realizaba con varias intervenciones de raleo hasta llegar a densidades cercanas a las 100 plantas por hectárea al turno de corte (SSP permanente) o 200 plantas por hectárea con pastoreo hasta el décimo año ya que luego el crecimiento de las forrajeras era impedido por la sombra de los árboles (SSP temporario). Con el objetivo de simplificar el manejo de las densidades compatibles con el ingreso de luz, a partir del año 1999 comenzaron a utilizarse diseños

de plantación denominados **líneos apareados**. Consistían en plantar dos líneas juntas (distan-
ciados a 4 metros en *Pinus* o 5 metros en *Eucalyptus*), separados del próximo par de hileras
por una calle más ancha (12 metros en *Pinus* y 20 metros en *Eucalyptus*). La distancia entre
plantas oscila entre 2,5 y 3 metros dependiendo del material genético y la posibilidad de co-
mercializar el primer raleo (Figura 4).

Figura 4. Plantación de 2 hileras de *Pinus elliotii* combinadas con pasturas. NE de Corrientes.



Fuente: Introducción a la Dasonomía. UNLP

Como todas las prácticas agrícolas, esta configuración tiene ventajas y desventajas. El cos-
to es menor que plantar con el sistema en macizo, la densidad final al momento del corte final
es mayor (a igualdad de intercepción de luz), permite un manejo más flexible no dependiendo
tanto del momento del raleo comercial, en los callejones se pueden realizar cultivos agrícolas o
reservas forrajeras, entre otras tantas ventajas. Como desventaja, la principal es que se pierde
el efecto de protección ambiental de los árboles en todo el potrero, al no tener distribuidos ho-
mogéneamente los árboles, por lo menos esto ocurre así durante los primeros años.

La orientación de los callejones seleccionada por los productores fue de Este a Oeste, con-
siderado la pendiente del terreno (siempre plantar cortando la pendiente) y el drenaje del potre-
ro (no impedir el normal escurrimiento de las áreas inundables). La prioridad debe ser impedir

la erosión o cortar los desagües. Con la configuración en líneas apareados la orientación es importante pero no limitante.

Es importante que existan procedimientos escritos y validados por los operarios para la marcación de los árboles. Este trabajo se realiza antes de los raleos y de las podas. La sencillez de esta práctica debe ser clave para la comprensión de la técnica. La mayoría de los manejos forestales de los SSP cuentan con dos raleos (uno perdido o no comercial y otro comercial) y tres o cuatro podas (dependiendo de la altura total libre de nudos, que a su vez depende de la edad de corte final). En la etapa de planificación es importante definir cuál será el **árbol objetivo**. Es decir, qué diámetro tendrá, hasta qué altura tendrá madera podada, cuál será el diámetro en la punta fina que comercializamos y a qué edad. En base a estos datos se diagrama el manejo forestal.

Analizando cuáles fueron las causas que motivaron, durante estos veinte años, a los productores a implementar SSP en sus propiedades se detectaron por lo menos diez:

- aumentar el área forestal (considerando que es un negocio más rentable que el ganadero) sin disminuir el área ganadera;
- aprovechar la promoción del Estado para invertir en árboles sin dejar de contar con el ingreso del ganado;
- diversificar la empresa;
- complementar las actividades aprovechando la sinergia entre la ganadería y la forestación;
- incrementar el patrimonio de la empresa teniendo en cuenta futuras divisiones familiares;
- ingresar al negocio forestal sin perder las tradiciones culturales ganaderas heredadas;
- generar trabajo para las personas en propiedades pequeñas;
- utilizar suelos de inferior calidad;
- generar ingresos anuales con la ganadería hasta el momento de realizar la venta de las forestaciones;
- mejorar el confort de los animales.

Una opción interesante para productores que no cuenten con el capital financiero para emprender un proyecto forestal, es arrendar a forestadores (con manejo SSP), de manera tal que se pueda obtener un ingreso anual (equivalente a 3 o 4 veces la ganancia ganadera) y continuar con sus animales debajo de las forestaciones. A su vez, el arrendamiento forestal mejora la rentabilidad de las empresas forestales que no tienen que invertir grandes sumas en la compra de la tierra, pudiendo seleccionar los suelos de mejor calidad y la ubicación con respecto a las industrias. La existencia de la Ley de Derecho Real de Superficie, ampara legalmente tanto al inversor como al propietario de la tierra, favoreciendo el mejor uso de los recursos.

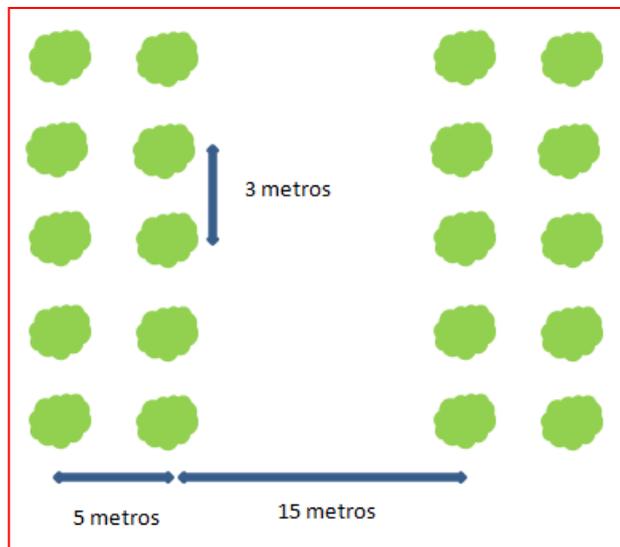
Así como se defienden los bosques atlánticos impidiendo su desmonte, existen otros recursos con alto valor de conservación que son afectados por el avance de las forestaciones, nos referimos a los pastizales naturales del Bioma Pampa. Allí anidan especies de aves en peligro de extinción, son el sustento de herbívoros silvestres, se brindan servicios ambientales hídri-

cos, generan trabajo a comunidades tradicionalmente gauchas entre muchas otras ventajas. Los pastizales de la Provincia de Buenos Aires fueron desplazados en su mayoría con el avance del cultivo de la soja. Esto mismo puede ocurrir con las forestaciones en los pastizales de Corrientes. Hasta el momento con los Sistemas Silvopastoriles plantados con diseños en líneas apareados, la modificación de los pastizales naturales no sufrió alteración con forestaciones de 18 años y callejones de 12 metros. Quizás con otras investigaciones podríamos conocer cuáles son los cambios que se producen en la composición botánica y avifauna de estos sistemas. Donde sí existe una alteración irremediable es en la modificación del paisaje.

La manera tradicional de calcular la densidad de plantación es determinando el área en metros cuadrados utilizado por cada árbol y dividiendo 10.000 m²/ha por dicho valor. El área ocupada por cada árbol es el resultado de multiplicar la distancia entre hileras por la distancia entre plantas. Sin embargo, en los sistemas silvopastoriles una de las configuraciones cada vez más utilizada es la que combina hileras múltiples (dos o más) separados por calles más anchas o callejones (9 metros a más). Aquí la base del cálculo para definir la densidad es igual al criterio utilizado anteriormente.

Lo primero que hay que definir es cuál es el área ocupada por cada árbol. Veamos un ejemplo de una plantación cuya configuración inicial será de 2 hileras separadas con un callejón de 15 metros con una distancia entre hileras de 5 metros y entre plantas de 3 metros (Figura 5).

Figura 5. Distribución de plantas y distancias.



La fórmula para determinar la densidad de plantación será:

$$\text{Densidad (arb/ha)} = \frac{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}}{\left(\frac{\text{Dist entre hileras} * (\text{hileras}-1) + \text{Distancia callejon}}{\text{número de hileras}} \right) \times \text{Distancia entre plantas}}$$

Número de hileras	2
Distancia entre Hileras	5 m
Distancia entre plantas	3 m
Distancia del callejón	15 m
Área ocupada por árbol	$(5m + 15m) \times 3 m = 30 \text{ m}^2/\text{árbol}$ 2
Densidad de plantación	$\frac{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}}{30} = 333 \text{ árb/ha}$

En los cuadros 1 y 2 se muestran las densidades de acuerdo al número de hileras, distancia entre hileras, distancia entre plantas y distancia del callejón.

Cuadros 1 y 2. Densidades de acuerdo al número de hileras, distancia entre hileras, distancia entre plantas y distancia del callejón para el establecimiento de SSP.

Dos hileras

Callejon	Distancia entre plantas (m)	Distancia entre hileras (m)		
		4	5	6
10	2	714	667	625
	2,5	571	533	500
	3	476	444	417
15	2	526	500	476
	2,5	421	400	381
	3	351	333	317
20	2	417	400	385
	2,5	333	320	308
	3	278	267	256

Tres hileras

Callejon	Distancia entre plantas (m)	Distancia entre hileras (m)		
		4	5	6
10	2	833	750	682
	2,5	667	600	545
	3	556	500	455
15	2	652	600	556
	2,5	522	480	444
	3	435	400	370
20	2	536	500	469
	2,5	429	400	375
	3	357	333	313

Sería conveniente tener una nomenclatura común para describir las configuraciones de plantación. La propuesta que hacemos es expresar entre paréntesis la cantidad de hileras, luego la distancia entre hileras separada con el signo X de la distancia entre plantas y finalmente la distancia del callejón separada con el signo +: (2) 5X3 + 15, indicaría dos hileras separadas a 5 metros con una distancia de 3 metros entre árboles y callejones de 15 metros.

Aspectos sociales de los Sistemas Silvopastoriles

Desde el punto de vista social los SSP permitieron desarrollar más puestos de trabajo en la misma propiedad rural. Este trabajo además fue cambiando con el tiempo, siendo inicialmente marginal y “golondrina” hasta convertirse en calificado y con sentido de pertenencia en los establecimientos.

La actividad forestal desarrollada por las principales empresas de la zona está bajo procesos de certificación forestal (FSC - CerFoAr), esto generó un cambio positivo en las condiciones de trabajo de las personas. Esto no tardó en extenderse a otras empresas vecinas y a otras actividades como la ganadería y la yerba mate.

La gran diferencia entre hacer empresas y hacer negocios radica en cumplir sueños (hacer empresas) o buscar rentabilidad (hacer negocios); tener valores compartidos o tener valores pragmáticos; buscar trascendencia o buscar inmediatez; tener como fin las personas o tener como fin el dinero. Los SSP tienen mucho de lo primero.

Aspectos económicos de los SSP

El negocio forestal como cualquier emprendimiento agropecuario, está sujeto a las siguientes condiciones: clima, precios, plagas y enfermedades. Además, se deberían agregar: la posibilidad de incendios forestales, el tiempo de espera para la cosecha, el cambio de hábitos de los consumidores y la posibilidad de que la administración de las plantaciones sea realizada por nuevas generaciones de propietarios. Todas estas, aparentes desventajas deben ser compensadas con la posibilidad de aumentar el patrimonio de la empresa. Generalmente la actividad que compite por el recurso suelo es la ganadería, de menores resultados económicos; esto motiva emprender en el negocio forestal buscando mejorar la rentabilidad. Un SSP tiene que tener como condición principal no desplazar a la ganadería. Ya sea como fuente de recursos financieros ante la inmovilización del capital en las forestaciones o como criterio deliberado de mantener diversificadas las actividades del establecimiento.

Muchas veces comenzamos un proyecto forestal impulsados por las ganas de producir, cumplir un sueño o imitar a otros productores, sin tener en cuenta aspectos esenciales. No está mal. Siempre hay tiempo para ordenar y generar los estudios necesarios para re-direccionar acciones. Lo primero que hay que hacer es algo sencillo: escribir el Plan de Negocios. Tiene que ser simple, no colocar cosas superfluas, únicamente lo importante. Debe contener el obje-

tivo, las metas (es poner cantidades a los objetivos, hectáreas, toneladas, etc.), los recursos necesarios (suelo, dinero, jornales), los beneficios a obtener, cómo se piensa comercializar, dónde, etc. Es decir, todo lo que ayude a realizar el planeamiento del Proyecto desde el punto de vista operativo.

Ayuda mucho a definir el plan de negocios tener una Matriz de Decisión donde se pueda seleccionar todas las características del emprendimiento: destino de la madera, si existe o no una integración vertical con la industria, las distancias a los mercados, si el mercado será nacional o internacional, turnos de corte, suelos, financiación, proporción de suelos forestables sobre el total, nivel de conocimientos, complementación con la ganadería, escala productiva, competencia con la agricultura, amenazas de enfermedades, posibilidad de heladas, certificaciones internacionales, acceso a empresas de servicios forestales.

El planeamiento consiste en armar el programa de trabajos, calcular los insumos necesarios, estimar los tiempos y ubicarlos en un calendario. El tercer documento necesario para un buen proyecto forestal es el Presupuesto Financiero. Debe contemplar los ingresos y egresos desde el punto de vista financiero (concepto de percibido no de devengado que es más contable) ubicados en el momento en que se harán efectivos, considerando los plazos.

Armar el Presupuesto Financiero es una parte del proceso de presupuestar. Debe estar acompañado por el Control Presupuestario, cuya periodicidad puede ser desde un extremo, semanal hasta trimestral. Nos indica la evolución de los saldos mensuales y los desvíos entre lo realizado y lo presupuestado. Es importante que se manejen las mismas cuentas en el Presupuesto Financiero y en la Contabilidad de Gestión para evitar el trabajo de ordenarlos. Muchas veces controlar mensualmente el Presupuesto Financiero nos permite tomar decisiones que definen una buena gestión económica.

De igual manera que el Control Presupuestario, contar con un Tablero de Control, nos permite monitorear la marcha del proceso productivo. El Tablero de Control o Tablero de Comandos es una herramienta administrativa que mediante una serie de indicadores alertan sobre desvíos que se produjeron. Debe tener únicamente los indicadores que tengan influencia en el resultado de la Empresa (igual que los de un automóvil: combustible, aceite, temperatura, revoluciones por minuto del motor). Existe una metodología para su confección, la misma tiene que tener un responsable de generar el indicador, la base de datos desde donde provengan los valores, claridad en la fórmula utilizada para su cálculo, periodicidad y valores críticos o umbrales a partir del cual se alertará al administrador para hacer correcciones.

Contar con buenos inventarios forestales, es definitivo para hacer un buen control de gestión. El inventario forestal está formado por dos partes: la medición de la superficie y la medición de la madera existente. En el primer caso, comúnmente llamada Cartografía, existen muchas herramientas basadas en imágenes satelitales que pueden ser usadas con mucha exactitud. Se debe definir previamente la nomenclatura que se manejará para identificar los lotes forestados. Existen muchos sistemas, lo importante es que sea fácil su detección y coincidan con la cartografía. Saber bien cuál es la superficie forestada es importante para controlar los pagos a las empresas contratistas, calcular la cantidad de insumos necesarios, programar las

actividades y lo más importante, saber cuál es el patrimonio. Continuamente se deben hacer ajustes en las superficies, el control se realiza con la Planilla de Existencias Forestales. En estas planillas, muy similares a las planillas de existencia de hacienda, se registran los movimientos mensuales de las forestaciones: ingresos por plantación; salidas por pérdidas, incendios o cosecha final y cambios de categorías por trabajos silvícolas realizados.

La segunda parte del inventario forestal, está constituida por las mediciones dasométricas de las plantaciones. Debe utilizarse, dentro de lo posible, siempre el mismo criterio y parcelas permanentes (las mismas cada medición). Debe estar definida la periodicidad y el nivel de muestreo. Tener un pequeño manual de procedimientos ayuda bastante cuando las mediciones realizan distintas personas.

Tanto las mediciones que se realicen de cada lote como las tareas que se hagan durante la vida de la plantación forestal, deben quedar asentadas en una única planilla que constituya la Base de Datos Forestal. En este archivo se anotarán los ingresos por ventas de madera, como los egresos correspondientes a los trabajos silvícolas. Nos permitirá contar con toda la historia del lote desde la preparación del suelo hasta el tratamiento de los residuos de la cosecha. Esa información es muy útil para reiniciar el segundo ciclo. Actualmente y cada vez con mayor intensidad se están generando aplicaciones informáticas que facilitan el manejo de la Base de Datos Forestal, la Cartografía y la Contabilidad desde teléfonos móviles.

El Análisis de la Gestión Económica Forestal resume en una hoja todo lo que ocurrió en el ejercicio productivo. Tiene su base en la Contabilidad de Gestión, encargada de registrar todos los eventos económicos según normas pre-establecidas. En todos los casos hay que analizar, además del negocio directo de producción de madera, la estructura necesaria para llevar adelante el proyecto: caminos, equipamiento para el control de incendios, maquinaria o contratistas para realizar los cortafuegos, viviendas para el personal propio o contratado, vehículos para los supervisores forestales, honorarios de administración, honorarios de asesores, etc. Todos estos gastos indirectos lo registran la Contabilidad de Gestión. Constituyen documentos de apoyo a la Contabilidad de Gestión, la Valuación Forestal y el Inventario de Bienes de Uso.

La Valuación Forestal, se realiza teniendo en cuenta la Planilla de Existencias Forestales, las Mediciones Dasométricas y los costos incurridos obtenidos de la Contabilidad de Gestión. Se realiza siguiendo una metodología determinada por las normas contables. De igual manera se debe realizar el Inventario de Bienes de Uso, que incluya todos los bienes amortizables de la Empresa. Aumenta el patrimonio con la incorporación a través de las inversiones de nuevos bienes de uso y disminuye el patrimonio de la Empresa con la desvalorización (cuota anual de amortización), con la obsolescencia (sustitución tecnológica) o con roturas incorregibles (queda sin utilidad). La venta de los Bienes de Uso, amortizados o no, también generan ingresos a la Empresa.

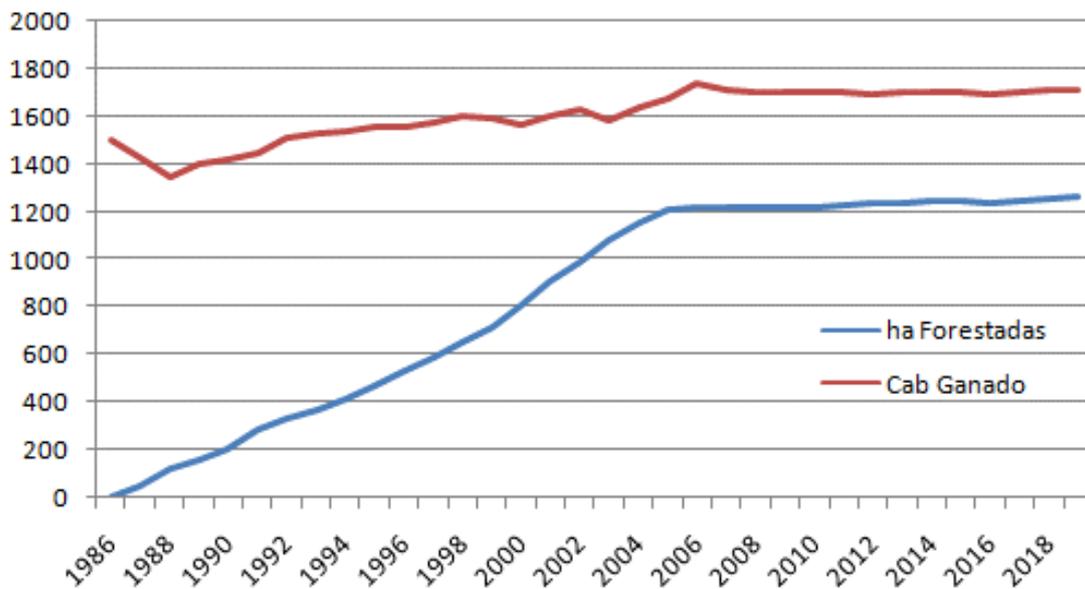
El Análisis de la Gestión Económica está formado por el estudio de la Contabilidad de Gestión (con implicancias en el pago de impuestos Análisis Fiscal), la Variación Patrimonial (tiene en cuenta la ganancia o pérdida por tenencia) y la Variación Financiera (Caja, Bancos, Créditos

y Deudas). Para conocer donde se generó el Resultado de la Empresa y donde se encuentra, se confecciona el cuadro de Origen y Aplicación de Fondos.

Los SSP permiten diversificar la empresa produciendo carne y madera, pero a su vez la mejora económica se ve reflejada en una disminución de la incidencia de los costos indirectos o fijos de la empresa. En la mayoría de los establecimientos no se aumentó la estructura de la empresa con la incorporación de las forestaciones.

Desde el punto de vista económico-productivo existen muchos indicadores que deberían tomarse para analizar la evolución de los SSP dentro de la empresa, tal como se enumeró antes. Sin embargo, el que mejor refleja el impacto de la incorporación de los árboles en el sistema ganadero es un cuadro que muestra la evolución a través de los años de la cantidad de ganado y cantidad de hectáreas forestadas existentes, tomados a una misma fecha todos los años (Figura 5). Si graficamos esas cifras y la curva de hectáreas forestadas tiene pendiente positiva a través de los años y la curva de existencia ganadera es estable, podemos concluir que el SSP no desplaza a la ganadería y permitió producir en un segundo piso de la propiedad. Cuando la curva de existencia ganadera tiene pendiente negativa significa que se produjo un desplazamiento de la ganadería por la forestación, principalmente debido al sombreado.

Figura 5. Gráfico de evolución del inventario de ganado en cabezas y de hectáreas forestadas a través de los años en una empresa ganadera forestal del norte de Corrientes.



Una de las mayores dificultades que se presentaron para el establecimiento y gestión de los SSP, fue el análisis económico de la actividad silvopastoril comparando con la ganadería, debido a que en esta las unidades están expresadas en \$/ha/año y la forestación presenta ingresos discontinuos, siendo la duración de la inversión varios años. No siempre el productor está familiarizado con los términos financieros utilizados para analizar la inversión en un SSP, como la Tasa Interna de Retorno (TIR) o el Valor Actual Neto (VAN). El uso de un indi-

cador que pueda comparar el negocio forestal con el ganadero es el Ingreso Anual Equivalente (IAE) cuya unidad \$/ha/año puede ser comparada con el resultado económico de la ganadería (Jacobson,1999). En la mayoría de los casos analizados en la Provincia de Corrientes, el IAE triplicó o quintuplicó el Margen Bruto Ganadero (Ingresos - Gastos Directos). La TIR de los proyectos SSP oscila entre 13 y 25 % en los casos analizados, sin considerar el costo de la tierra en la inversión inicial.

La ausencia de un buen presupuesto financiero de la inversión forestal puede generar serios inconvenientes financieros si no se cuenta con ingresos anuales que cubran los gastos operativos. Es aquí donde la promoción forestal del Estado brindó una buena ayuda. Un error muy común es planificar la inversión calculando el costo de plantación olvidándose del dinero necesario para el manejo forestal (raleos, podas, cortafuegos, etc.)

Trabajar con dos productos permite al productor manejar relaciones de precios y costos para determinar a lo largo de los años la conveniencia de intensificar la plantación forestal vendiendo ganado o aumentar el rodeo ganadero vendiendo madera. Los promedios de precios del CREA Tierra Colorada demostraron que en el período 2007/2008 fue el mejor momento para comprar terneros vendiendo rollos de *Pinus* (21 kg de ternero comprados con una tonelada de *Pinus* vendido, versus un promedio de 13 kg.). Por otro lado, en el período 2010/2011 se necesitaban 80 kg de ternero para plantar una hectárea de SSP comparando con el promedio de 174 kg de ternero por hectárea plantada.

A través del indicador LER (Land Equivalent Ratio, cuadro 3) se puede establecer el nivel de competencia entre monocultivos (plantaciones forestales o ganadería) con la combinación en la misma superficie de ambas actividades (SSP). Esto permite calcular la superficie de tierra necesaria para obtener la misma cantidad de producción en volumen o en valor económico con respecto a la combinación en un modelo agroforestal. Equivale a la suma de las fracciones de los rendimientos combinados con respecto al cultivo puro. Relaciona el valor económico de la producción conjunta respecto a la producción individual por unidad de superficie (Terreaux y Chavet, 2004).

Cuadro 3. indicador LER (Land Equivalent Ratio)

$$\text{LER} = \frac{\text{Producción Ganadera Conjunta}}{\text{Producción Ganadera Monocultivo}} + \frac{\text{Producción Forestal Conjunta}}{\text{Producción Forestal Monocultivo}}$$

Cuando el indicador es 1 significa que la combinación de ambas actividades produce lo mismo que hacerlo de manera separada. Si es <1 no es conveniente la integración en la misma superficie y cuando es >1 existe beneficio cuando se realizan ambas actividades en forma integrada en el mismo suelo. Estos cálculos se pueden realizar con las producciones físicas o económicas (resultado anual de la ganadería y valor actual neto anualizado de la plantación forestal). Por ejemplo, si la actividad ganadera tiene una producción de carne de 120 kg/ha/año y la producción forestal un crecimiento anual de 30 m³/ha/año, y combinadas

en un SSP las producciones de carne son de 90 kg/ha/año y de madera 15 m³/ha/año, el LER obtenido es de 1.25, indicando que la integración en la misma superficie es conveniente y genera un beneficio.

Para evaluar el desempeño de las plantaciones forestales debemos monitorear algunos indicadores que nos indiquen si el crecimiento está dentro de los valores presupuestados. Incremento Medio Anual (IMA). Se obtiene dividiendo el valor obtenido por la edad de la plantación. El IMA puede calcularse para cualquier de las tres variables: DAP que se expresa en cm/año, Altura Total expresado en m/año o Volumen en m³/año.

$$\frac{\text{DAP a una edad determinada (cm)}}{\text{Edad determinada (años)}}$$

$$\frac{\text{Altura Total a una edad determinada (m)}}{\text{Edad determinada (años)}}$$

$$\frac{\text{Volumen calculado (m}^3\text{)}}{\text{Edad (años)}}$$

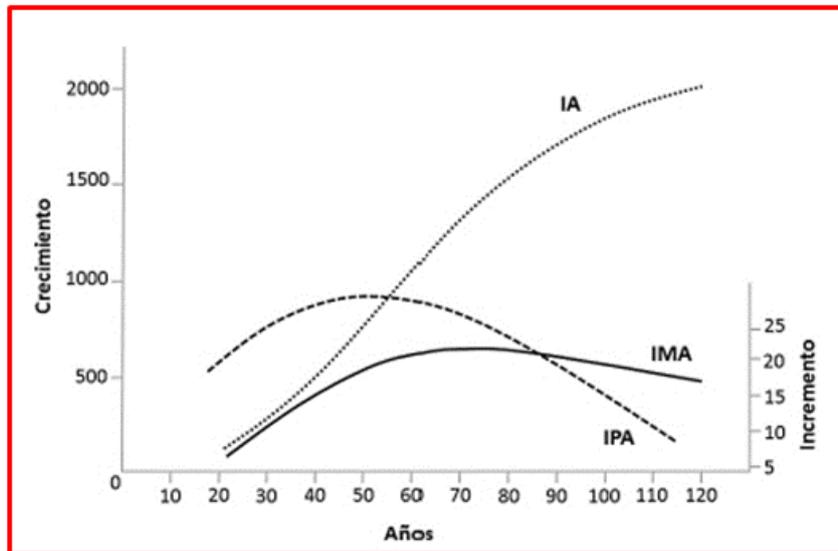
El crecimiento de las plantaciones forestales, al igual que cualquier organismo vivo, está representado por una curva sigmoidea, donde al principio el crecimiento es lento, luego se acelera para finalmente tender a la horizontal. Por lo tanto, el IMA de cualquier variable medida irá disminuyendo con la edad.

Otro indicador es el Incremento Corriente Anual (ICA). A diferencia del IMA, el ICA mide la diferencia entre dos evaluaciones consecutivas. La diferencia dividida entre ambas mediciones genera como resultado el ICA. La fórmula es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen actual (m}^3\text{)} - \text{Volumen anterior (m}^3\text{)}}{\text{Período (años)}}$$

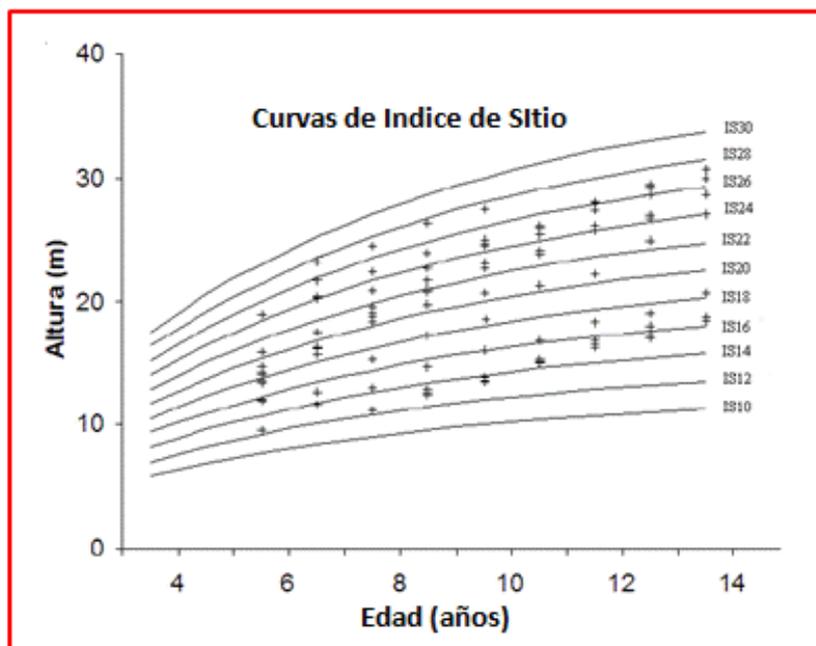
También a medida que aumenta la edad de la plantación el ICA va disminuyendo. Existe un momento en la vida de las forestaciones donde la curva del IMA corta a la curva del ICA. En ese punto es donde se expresa la mayor eficiencia productiva a partir del cual las tasas de crecimientos serán decrecientes (Figura 6).

Figura 6: Gráfico incremento anual, medio y periódico.



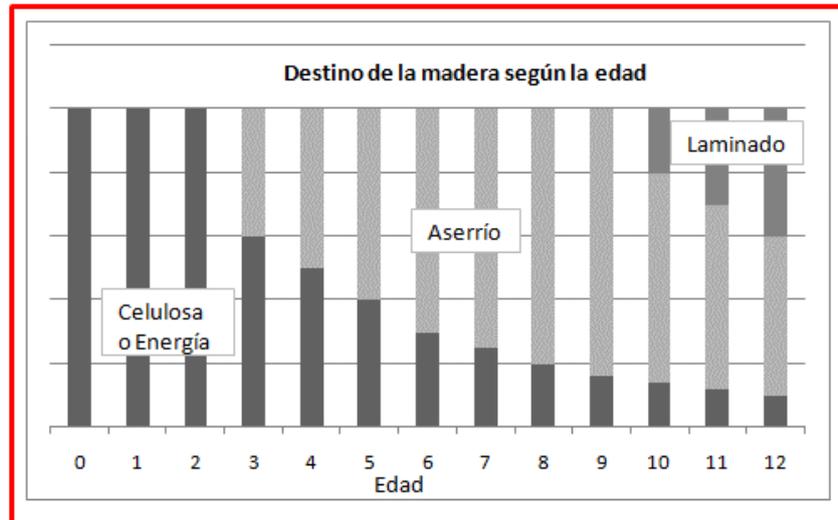
Al conocer la Altura Total de los mejores árboles y correlacionar esta variable con la Edad de las plantaciones podemos determinar el **Índice de Sitio (IS)**. Este indicador refleja la aptitud del suelo forestal ya que está directamente relacionado con la capacidad de crecimiento en altura de los árboles (Figura 7). Cuanto mayor sea la altura de los árboles a la misma edad, mayor será el Índice de Sitio. Conocer el IS permitirá proyectar crecimientos y predecir rendimientos. Técnicamente en pinos el IS representa la altura que tendrán los mejores 100 árboles/ha a la edad de 15 años.

Figura 7: Gráfico de curvas de índices de sitio.



A medida que la plantación crece y aumenta el diámetro y la altura, comienza a cambiar el destino comercial de la madera (Figura 8). Los primeros años la mayor cantidad de madera tiene diámetros menores a 10 cm en la punta fina permitiendo únicamente su comercialización para la industria de la celulosa o bioenergía. A mayores diámetros se pueden comercializar madera con destino a la industria del aserrío fino, luego grueso para finalmente obtener madera gruesa para la industria del laminado.

Figura 8. Gráfico de destino de una forestación de *Eucalyptus* sp. según la edad.



Aspectos ambientales de los SSP

La actividad ganadera es la principal fuente de gases de efecto de invernadero de la República Argentina, (28% de las emisiones totales) según el último Inventario Nacional realizado en el año 2017. Dos serían las principales causas: los desmontes para habilitar tierras para pastoreo y las emisiones de metano generados por los rumiantes.

Existen diferentes líneas de investigación con el objetivo de mitigar este efecto, que se podrían agrupar en dos grandes ítems: a) mejoras en la calidad de la dieta forrajera (nuevas especies, mejor manejo del pastoreo, uso de aditivos, etc.) y b) mejoras en la producción ganadera (menor producción de metano por kg producido) aumentando los índices de preñez, sanidad, genética y manejo animal. Una tercera opción sería la integración de la actividad silvopastoril (como captador de CO₂ equivalente generado por la ganadería (principalmente a través del metano producido en la fermentación entérica), en SSP. Se realizaron distintos cálculos de los SSP de la Provincia de Corrientes, estimando las emisiones y capturas siguiendo la metodología de EMBRAPA. Las principales conclusiones fueron: los SSP con *Eucalyptus* capturan mayor cantidad de CO₂ que los SSP con *Pinus* como componente forestal. La cuantificación debe ser anual, en base a las diferencias de inventarios de ganado y forestaciones y las ventas realizadas durante la campaña analizada. Dependiendo del ritmo de plantación, durante los primeros años el balance puede ser negativo y en los últimos positivos. Es importante expresar las

emisiones de CO₂eq no sólo en términos absolutos, sino también en relación a los kilogramos de producto pecuario o forestal, como indicador. En promedio podría calcularse que una hectárea de SSP captura el CO₂eq emitido por 5 a 15 cabezas de ganado según sea la especie forestal, la actividad ganadera y el ciclo de la forestación.

El cuidado del suelo, del agua, la biodiversidad, el bienestar animal, la menor dependencia de insumos externos, el menor uso de agroquímicos, el cuidado de la identidad cultural y el desarrollo de las personas forman parte indisoluble de una "Ganadería Sostenible". Allí los Sistemas Silvopastoriles constituyen un pilar fundamental.

"Un campo sin árboles es medio campo".

Referencias

Terreaux, J., & Chavet, M. (2004). An intertemporal approach of Land Equivalent Ratio for agroforestry plots.

Bibliografía recomendada

- Alegranza, D.A., Torres E., Reboratti H., Fassola H. (1997). Efecto de la densidad del *Pinus caribaea* var. *Caribaea* sobre la oferta forrajera. Informe técnico N° 18. INTA Montecarlo. Argentina.
- Ares, A., Brauer D. (2000). Growth of southern pines at different stand configurations in silvopastoral practices. ARS, USDA. AFTA 2005 Conference Proceedings.
- Baggio, A. (1983). Sinopse de algumas vantagens e desvantagens dos sistemas silvipastoril com *Pinus* spp. Embrapa. Unidade regional de pesquisa florestal centro sul. Circular técnica N° 17.
- Byrd, N., Lewis C.E. (1983). Managing pine trees and Bahiagrass for timber and cattle production. General report R8-GR 2. United States Department of Agriculture. Forest Service Southern Region.
- Clason, T.R. (1995). Economic implications of silvopasture on southern pine plantations. *Agrofor. Syst.* 29:227-238.
- Colcombet, L., Crechi E., Fassola H., Lacorte S., San José M. (2002). Resultados del análisis financiero y socioeconómico del manejo forestal y silvopastoril de *Grevillea Robusta* en Misiones. INTA Montecarlo.
- Colcombet L., Lacorte S., Fassola H., Pachas N., Ferrere P., Alegranza, D. (2002) Resultados iniciales de un sistema silvopastoril en el Norte de Misiones, Argentina, entre *Pinus elliotii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (F2) y *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. X Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad Cs. Forestales-UNaM - EEA Montecarlo. Eldorado, Misiones, Argentina. 8p.
- Couto, L., Daniel O., Garcia R., Bowers W., Dubé F. (1998). Sistemas agroflorestais com eucaliptos no Brasil: uma visão geral. Viscosa, 1998. 49 p. Documento SIF N° 17.

- Esquivel, J., Fassola H. E., Lacorte S. M., Colcombet L., Pachas N., Keller A. (2004). Sistemas Silvopastoriles– Una sólida alternativa de sustentabilidad ambiental, económica y social. 11as. Jornadas Técnicas Forestales Y Ambientales.7 – 9/ Octubre. UNaM FCF, INTA Montecarlo. Eldorado, Misiones, Argentina.
- Esquivel J., Lacorte S. (2010). Sistemas Silvopastoriles con especies maderables en la República Argentina. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Panamá, 28 -30/09/2010.
- Fassola, H.E.; Alegranza, D.A. (1996) – Análisis de rentabilidad de una plantación *Pinus taeda* Marion conducida bajo un régimen silvícola directo para aserrado. Proy. Integrado Forestal Mesopotámico. Inf. Téc. N° 8 - ISSN 0327-926X
- Fassola, H. E., Pachas, N. (2004). Un nuevo “modelo productivo” se está imponiendo en Misiones y NE de Corrientes. La Palanca, Sociedad Rural de Misiones, Año 2, N° :3
- Fassola, H. E., Lacorte S. M., Pachas N., Keller A. (2004) 3er Simposio Latino Americano sobre manejo Florestal. Univ. Fed. de Santa María. RS. Brasil 23-24 Set. 2004 - Disertación. panel sobre Gestão de sistemas silvipastoris.
- Fassola H., Lacorte S., Pachas A., Goldfarb C., Esquivel J., Colcombet L., Crechi E., Keller A., Barth S. (2009). Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. Actas del XIII Congreso Forestal Mundial. Pp 1-6.
- Goldfarb M., Esquivel J., Giménez L. (2010). Caracterización de los componentes forrajeros, arbóreos y ganaderos en Modelos Silvopastoriles difundidos en la Mesopotamia Argentina. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Panamá, 28 -30/09/2010
- Goldfarb M., Esquivel J., Núñez F., Quiroz O. (2013). Cambios en la composición botánica y producción forrajera del tapiz vegetal en lotes forestados con *Pinus elliottii*. 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú, Misiones, Argentina 23 - 27 septiembre 2013.
- Jacobson, Michael. (1999) Comparing Values of Timber Production to Agricultural Crop Production. Document FOR 61 of a series of the School of Forest Resources and Conservation, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.
- Knowles, R. (1991). New Zealand experience with silvopastoral systems: A review. Forest Research Institute. Rotorua. New Zealand. Forest Ecology and Management. 45: 251-267.
- Kurtz, V., Pavetti D. (2006). Sistema foresto ganaderos con especies de rápido crecimiento *Pinus sp* y *Eucalyptus grandis*). INTA Misiones. Actas XXI Jornadas forestales de Entre Ríos.
- Lacorte, S. M., Fassola L. E., Pachas N., Colcombet L. (2004). Efecto de diferentes grados de sombreado con y sin fertilización fosfórica, sobre la producción de un pastizal modificado con predominio de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv. En el sur de Misiones, Argentina. INTA EEA Montecarlo, XI Jornadas Forestales
- Lacorte, S. M., Esquivel J. (2009). Sistemas Silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Re-seña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas del Primer congreso de Sistemas Silvopastoriles. Misiones Argentina.

- Mason, E. (2000). A brief review of the impact of stand density on variables affecting Radiata pine stand value. University of Canterbury. Christchurch. New Zealand.
- Murgueitio, E., Ibrahim M. (2004). Ganadería y Medio Ambiente en América Latina. Fundación CIPAV. Cali Colombia. Grupo Ganadería y Medio Ambiente. CATIE Costa Rica. XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal 2004.
- Murgueitio, E., Rosales M., Gómez M. (1999). Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV, Cali, Colombia. 67 pp.
- Nair, P. (1991). State of the art of agroforestry systems. Department of Forestry, IFAS. University of Florida, Gainesville. *Forest Ecology and Management*, 45: 5-29.
- Nowak, J., Long A. (2003). Establishment of integrated timber, forage and livestock silvopastoral systems in the Southeast – A review. Proceedings of Sod Based Cropping Systems Conference. North Florida Research and Education Center Quincy. University of Florida.
- Pachas, N., Keller A., Fassola H., Lacorte S., Pinazo M. (2004). Producción morfológica y calidad nutritiva de *Axonopus catarinensis* Valls bajo diferentes condiciones lumínicas e hídricas. INTA Montecarlo. 11º Jornadas técnicas forestales y ambientales. FCF Eldorado Misiones.
- Pachas A. (2010). *Axonopus catarinensis* y *Arachis pintoi* - Alternativas forrajeras en sistemas silvopastoriles de la Provincia de Misiones, Argentina. Tesis Mag. Sc., Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano, Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires, pp.99.
- Paciullo, D Tavares de Castro R. (2006). Sistema Silvopastoril e pastagem exclusiva de brachiaria para recria de novilhas leiteiras: massa de forragem, qualidade do pasto, consumo e ganho de peso. EMBRAPA Gado de Leite. Boletim de pesquisa N° 20.
- Percival, N., Knowles R. (1986). Relationship between Radiata pine and understory pasture production. Agroforestry Symposium Proceedings. Forest Research Institute. Pp 152-160.
- Polla, C. (1998). Estrategias de Acción en el tema silvopastoreo. En Actas Seminario "Manejo Silvopastoral" Trabajo N° 8. Young. Uruguay
- Porfirio da Silva, V., Baggio A. (2003). Como estabelecer com sucesso uma unidade de referência tecnológica em sistema silvopastoril. Embrapa Florestas. Documento N° 83.
- Rogério Martins M.; Paciullo, D. C.; Silveira, S. R.; Ribeiro, R.S ; Calsavara, L. ; Madureira, A.P ; Castro, G. H. de Frias ; Souza, L. F. (2013) Sistemas silvipastoris : produção animal, conservação ambiental e serviços ambientais. In: Rogério de Paula Lana. (Org.). V SIMBRAS. 5 ed. Viçosa MG: VIÇOSA, 2013, v. 5, p. 259-280.
- Rossner M., Goldfarb M., Lacorte S. (2011). Utilization of shade cloth strips to evaluate forage species in fluctuating light regimes. IX International Rangeland Congress. Rosario Argentina. pp. 439.
- Quesada, Francisco, Somarriba E. y Mathias Malek. (2010). Shademotion 2.2; la simulación de sombras de árboles en terrenos planos horizontales o inclinados. CATIE. 62 p. - (Serie técnica. Manual técnico - CATIE; n° 98)

- Ribaski, J., Dedecek R., Mattei V., Flores C., Vargas A., Ribaski S. (2005). Sistemas silvipastoris: Estratégias para o desenvolvimento rural sustentável para a metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. Embrapa Florestas. Comunicado técnico N° 150.
- Saibro, J. (2000). Animal production from tree-pasture association systems in Brazil. Departamento de plantas forrageiras e agrometeorologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Saiz J., Vera Bravo C., Luna C. (2014). Guía de buenas prácticas forestales para la provincia de Corrientes / José Edgardo Saiz; - 1a ed. – Bella Vista, Corrientes: Ediciones INTA, 2014. 101 p.: il. col. ISBN 978-987-521-582-5
- Sotomayor Garreton, A., Navarro I., Winkler O. (2003). Análisis de un sistema silvopastoral con *Pinus contorta* (Dougl. Ex Loud.), en la XI región de Chile. INFOR.
- Winck R. (2013). Influencia del raleo sobre las características anatómicas de la madera y las propiedades físico-mecánicas del *Pinus taeda* L. de la región NE de la Argentina- Tesis Mag. Sc. Maestría en Ciencias de Madera, Celulosa y Papel, FCF-UNaM, Eldorado, Misiones, Argentina.

CAPÍTULO 8

Sistemas Agroforestales en Misiones

*Guillermo Reutemann, Beatriz Eibl, Florencia Montagnini,
Sara Barth y María Elena Gauchat*

La agricultura en Misiones ha seguido el camino de la simplificación de los sistemas productivos, siendo el árbol el obstáculo a vencer.

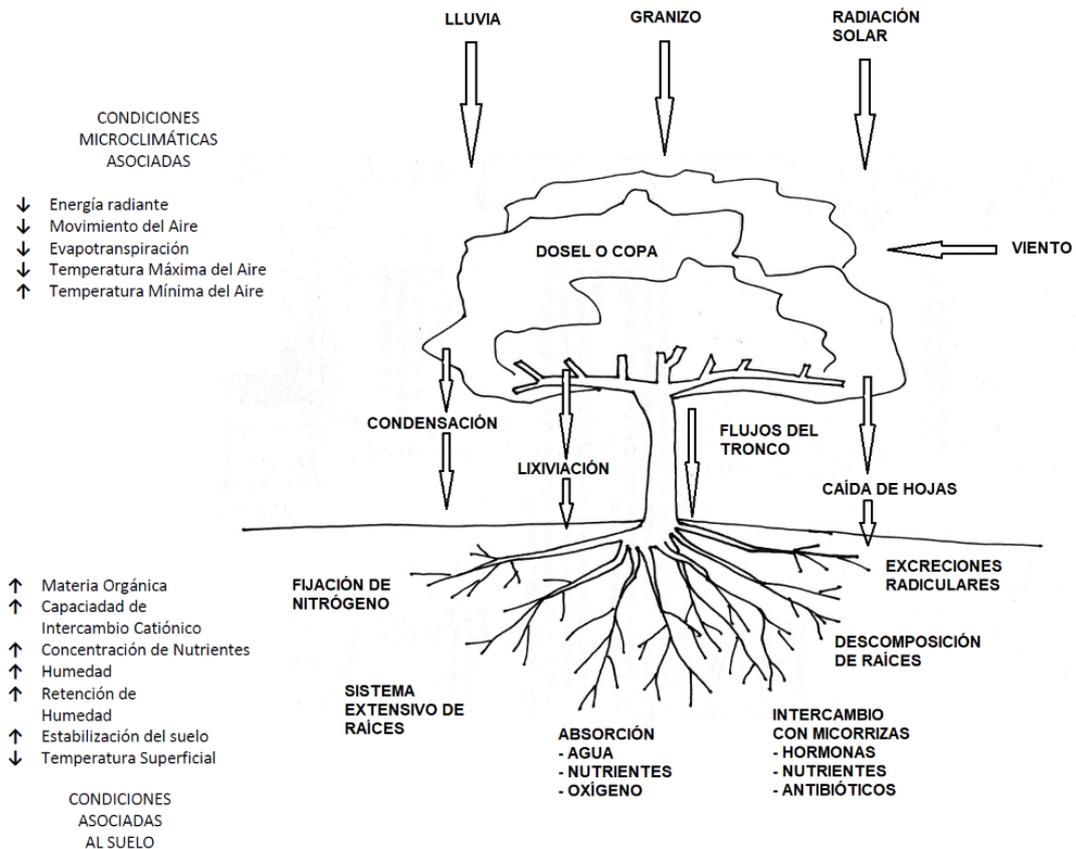
Introducción

La Provincia de Misiones tiene una superficie total de 29.801 km², de la que originalmente cerca del 90% estaba cubierta por Bosque Atlántico, con excepción del sector sur, denominado zona de campo, en el que pueden observarse bosques en galería y superficies boscosas aisladas, formando islas rodeadas de campos. La superficie remanente de bosques subtropicales de la provincia de Misiones, con diferentes situaciones de conservación, es de aproximadamente 1.422.661 ha (Rodríguez, 2006).

El proceso de ocupación del territorio para diversos usos (agropecuarios, forestales, industriales, urbanos, etc.), se realizó bajo la premisa de reemplazar el bosque nativo (Ley XVI - N° 6 - Régimen de Tierras Fiscales, 1974). Revertir la consigna del epígrafe es un imperativo hoy, ante la vulnerabilidad de los agroecosistemas a los efectos del Cambio Climático, que en Misiones se traducen en períodos de sequía, cada vez más prolongados, eventos extremos con vientos intensos y lluvias torrenciales, con cambios en su distribución estacional, heladas frecuentes, conformando un nuevo régimen climático que no puede caracterizarse aún, por ser un ciclo de reciente inicio (Gandolla y Toresani, 2020; Gandolla, 2008). No obstante, Argentina cuenta con equipos de investigadores que trabajan en la temática y establecen modelos de los cambios esperables en las siguientes décadas (Camilloni, 2018).

Ante esta perspectiva poco alentadora del comportamiento climático, a la que se suma la fragilidad de los suelos provinciales (Fernández et al., 2015), el árbol es un aliado trascendental para estabilizar muchos sistemas productivos, en especial, los que tienen a la yerba mate como componente principal. Podemos visualizar las funciones del árbol cuando es incorporado a un sistema productivo, a partir de la figura 1.

Figura 1: Influencia del árbol en el ambiente de crecimiento de los cultivos.



Fuente: Altieri (1999), modificado por Reutemann (2007).

¿Cuáles son los sistemas agroforestales implementados en Misiones?

En la provincia de Misiones en las décadas 1970 y 1980 se iniciaron experiencias en asociación de árboles con cultivos perennes con yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y tung (*Aleuritis fordii*) principalmente en combinación con pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), Kiri (*Pauwlonia tormentosa*) y Pino ellioti (*Pinus elliotii*) (Kozarik, 1994). Los rendimientos de los yerbales fueron menores (también fue menor el n° de plantas/ha) que en el cultivo puro obteniendo un retorno económico considerable de la madera al turno final, identificándose como desventaja del sistema la competencia entre el árbol y el cultivo por la luz y probablemente en ciertas ocasiones por el agua (Kozarik, 1994). Asimismo, se trabajó con pequeños productores en cultivo en callejones consociando maíz con *Leucaena leucocephala* y Cañafístola (*Peltophorum dubium*) (Kozarik et. al., 2004), aunque es necesario profundizar los mismos ya que el rendimiento de producción de maíz decayó con la consociación, probablemente debido a un inadecuado espaciamiento entre los distintos componentes.

Por otro lado, en épocas recientes resurgen los huertos familiares como sistema agroforestal que integra varios estratos productivos en pequeños o medianos productores de la agricultura familiar. Una de las experiencias dignas de conocer es la llevada adelante por PUSALI (Productores Unidos de Santiago de Liniers), aunque no hay un número de hectáreas de producción sino árboles de distribución aleatoria en huertos familiares. En el año 2019, se realizó una plantación de árboles de manera regular de un cuarto de hectárea de distintas especies frutales nativas a modo de experiencia. La asociación tiene como objetivo desarrollar una cadena productiva alternativa. Al momento se realizaron cosechas de la fruta, se experimentaron y documentaron prácticas de despulpado y rendimiento de pulpa y se elaboraron dulces, panificados y helados artesanales (Chifarelli et al. 2019).

De todas maneras, el sistema agroforestal más difundido y de mayor importancia económica en la provincia de Misiones, junto a los sistemas silvopastoriles, es la arborización de yerbales, por lo cual en este capítulo este sistema es abordado a mayor profundidad, además de compartir con las demás combinaciones productivas la mayoría de las ventajas y dificultades.

¿Por qué yerbales con árboles? Ventajas y desventajas de su incorporación.

La yerba mate, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae, es un árbol nativo que forma parte del dosel intermedio del Bosque Atlántico Interior en Argentina, Paraguay y Brasil (Eibl et al., 2015). Esta especie ha evolucionado durante miles de años para integrarse al estrato medio de esa formación boscosa². En los yerbales tradicionales o convencionales, a cielo abierto, con manejos inadecuados de suelo y planta, observamos una declinación paulatina y continua de la producción. Esto es debido a la pérdida de condiciones apropiadas en el suelo (de su fertilidad, tanto biológica como física y química), y al deterioro de la estructura productiva de la planta (el daño en sus ramas cargadoras principales). ¿Cuáles son las causas? La mecanización excesiva: pasaje de rastras y arado tatú, que pulverizan el suelo; la macheteadora y el tractor, cuyo peso en suelo húmedo produce compactación; la cosecha con cortes y quebraduras que dañan las ramas por el uso de herramientas inadecuadas, o en malas condiciones, desafiladas, además del efecto del sol y las heladas, los herbicidas, etc., que atentan contra la sustentabilidad de un yerbal.

Nuestros agroecosistemas yerbateros deberían parecerse al monte, sin embargo, han predominado las plantaciones a cielo abierto. La planta de Yerba Mate tiene una corteza muy sensible a las condiciones que se dan a cielo abierto. Basta recorrer los yerbales, en cualquier sitio, para observar que las ramas que están expuestas al sol de la tarde, y especialmente aquellas más horizontales (que abren la copa) que reciben directamente el sol

² Al Bosque Atlántico Interior también se lo denomina como Selva Paranaense.

del mediodía, están con frecuencia fuertemente dañadas, con grandes secciones podridas, desecadas o descascaradas, es decir, en distintas etapas de un proceso que termina con la muerte de esa parte de la estructura, o incluso si es masivo el daño, de la propia planta. Cada rama dañada o cada planta muerta significan menores cosechas (Figura 2). También implica entrar al yerbal con el serrucho o la motosierra a realizar una poda de rejuvenecimiento, conocida como “rebaje”, y eso implica esperar un tiempo para recuperar nuevamente la estructura productiva, es decir, perdemos rendimiento durante ese período de espera (hasta tres años).

También se manifiestan daños cuando hay heladas intensas o con granizo, con o sin vientos. La disminución del efecto de una granizada tiene que ver con que la cobertura de los árboles actúa como un “paraguas”, amortigua o disminuye la energía del granizo, la absorbe y el impacto sobre las plantas del estrato inferior, el yerbal, se reduce dada la menor energía con la que llega a las plantas. Entonces el daño queda en el estrato alto, que no es lo que cosechamos todos los años, y que además se recupera bien con el tiempo. El arbolado disminuye muchísimo el daño de las ramas, que son las que cargan nuestra cosecha futura.

Figura 2. Daños en la estructura productiva por poda inadecuada e insolación directa.



Foto: G. Reutemann

Todo esto nos indica que debemos cubrir los yerbales acompañándolos con árboles. De otra manera, la planta muestra los síntomas de su falta de adaptación al sol directo, y la cosecha debe dejar un porcentaje de hojas para proteger su estructura. Debemos entonces, traer el bosque a la chacra, al “*kokue*” (chacra, en guaraní).

¿Qué nos brinda el monte? ¿Cuáles son las condiciones del bosque que favorecen a la Yerba Mate? (ver Fig. 1). En el bosque hay sombra permanente, la presencia de los árboles modera la temperatura, haciendo que la mínima en invierno sea mayor que a cielo abierto y la máxima en verano sea menor, no hay exposición al viento, hay diversidad biológica, arriba y dentro del suelo, y esa biodiversidad es muy activa, es funcional, el agua infiltra en mayor

proporción y no escurre, la lluvia no golpea directamente sobre el suelo y el riesgo de erosión hídrica es mínimo, el suelo tiene una estructura estable, es fresco, tiene cobertura viva y muerta, hay recirculación de nutrientes a través del reciclaje que produce la descomposición del material que los árboles retornan al suelo en diferentes formas. Este es el ambiente en el que la Yerba Mate evolucionó. ¡No se parece en nada al ambiente donde hacemos nuestras plantaciones! Estas son las condiciones necesarias para tener yerbales sanos y productivos por mucho tiempo.

Debemos entonces traer el bosque al yerbal. Las alternativas para producir Yerba Mate asociada al bosque o en sistemas agroforestales son diversas. Por ejemplo, en parcelas con bosque o capueras, incorporar Yerba Mate, y enriquecer el sistema si es pobre en especies forestales que nos interesen por algún motivo; en yerbales en producción a cielo abierto, incorporar árboles diversos; en parcelas nuevas a cielo abierto, plantar yerba y árboles simultáneamente (si se pudiera plantar los árboles antes, o aprovechar los renovales, mucho mejor). Asimismo, deben usarse las prácticas recomendadas de plantar en curvas de nivel, fertilizar y proteger adecuadamente todos los plantines (yerba y nativas). Traer el bosque al yerbal. Sin embargo, un yerbal bajo sombra mal manejado también pierde su productividad con el tiempo. Si los árboles están plantados en el líneo y se realizan rastreadas o aplicaciones de herbicida, o la cosecha es una permanente causa de daño en la copa, también se pierde producción año a año.

Si observamos los yerbales bajo sombra, vemos que la presencia de especies espontáneas agresivas, porque se vuelven dominantes en cuanto a cobertura del suelo y que son denominadas erróneamente como “malezas”, gramíneas como *Chloris polydactyla* (palmerita, coquito o pasto azul), *Imperata brasiliensis* (yahapé) y *Schizachyrium microstachyum* (cola de zorro), son reemplazadas por especies de hoja ancha menos agresivas y más débiles que ocupan los espacios cubriendo el suelo de mayor diversidad, y ocupando el perfil del suelo con diversos sistemas radiculares (Figuras 3 y 4). Estas especies no tienen efectos negativos sobre el desarrollo de la yerba mate, por lo que no es necesario controlarlas con herbicidas, ni con métodos mecánicos. Hay que dejarlas cumplir su ciclo e incorporarlas superficialmente al suelo usando herramientas apropiadas como el rolo-cuchilla o una rastra apenas trabada. Incluso se puede conseguir un aumento importante de biomasa si fertilizamos esas cubiertas espontáneas.

Figura 3 y 4. Presencia de especies espontáneas agresivas en yerbales bajo sombra



Fig.3 Izquierda, Cobertura de suelo en yerbal sombreado, fotografía el 18 de diciembre de 2014. Paraje Bayo Troncho, Los Helechos, Oberá. Derecha, Detalle de la misma parcela prácticamente libre de “malezas”; cobertura de buenas hierbas como *Plantago major* (llantén). Fotos: G. Reutemann



Fig.4. Izquierda, Cobertura de suelo en yerbal no sombreado, fotografía tomada el 18 de diciembre de 2014. Paraje Bayo Troncho, Los Helechos, Oberá. Derecha, Detalle de la misma parcela, infestada con *Conyza bonariensis* (buba negra) seca y *C. polydactyla* (pasto azul) en desarrollo. Fotos: G. Reutemann

Además, en los yerbales con árboles se observa que la vegetación espontánea invernal prolonga su ciclo de vida porque las condiciones de sombreado generan un microclima benéfico por más tiempo, más entrado el ciclo primavero-estival. Dado que una de las cualidades del sombreado es reducir la amplitud térmica diaria, es decir, la temperatura máxima del día es menor en el ambiente de sombra que en un yerbal bajo sol directo, y en el invierno, la mínima registrada dentro del SAF es mayor que a cielo abierto. También observamos que, en las cubiertas verdes de *Vicia villosa* o *V. sativa* (vicias), *Lolium multiflorum* (rye grass o azevem), *Brassica napus* (nabo forrajero) y *Avena strigosa* (avena negra), en monocultivo o asociadas, el ciclo se prolonga hasta fines de primavera y la cobertura muerta que queda después impide o retrasa el desarrollo de las especies de verano, especialmente las gramíneas mencionadas previamente, y a partir de abril ya se puede ver el comienzo del nuevo ciclo de vicia – azevem – nabo – avena. En estos sistemas no es necesario ningún control químico.

Una especie muy adaptada al sistema de yerba bajo sombra es *Arachis pintoi* (maní forrajero), que alcanza un nivel de cobertura total, protegiendo el suelo de la insolación directa y del

golpe de la gota de lluvia, funciones importantes en momento en que algunos árboles de hoja caduca están defoliados. Eso baja los costos, mejora la salud del agroecosistema y genera un alimento libre de residuos de agroquímicos. Esto puede posicionar comercialmente a la yerba en mercados que exigen alimentos libres de residuos derivados de agroquímicos.

Otro beneficio que proveen los yerbales con árboles es una mayor presencia de aves, al brindarles hábitat y nicho. En esos ambientes consiguen alimento, anidan o se posan transitoriamente durante sus movimientos, y eso tiene impacto en la población de algunos insectos considerados plagas, como *Perigonia lusca* (marandová), *Hedypathes betulinus* (taladro, kiritó o tigre), *Gyropsylla spegazziniana* (rulo, psílido o agalla), etc.), pues son fuente de alimento de las especies insectívoras y omnívoras de aves. La época de aparición de estos insectos coincide con los momentos en que las aves tienen sus crías, demandando alimento, por lo que, si nos tomamos el trabajo de observar, vemos una intensa actividad de las aves colectando “bichos” para sus nidadas. Hemos realizado observaciones de esta actividad para especies como *Guira guira* (pirincho), *Crotophaga ani* (anó), *Troglodytes aedon* (tacuarita), *Pitangus sulphuratus* (benteveo), entre otras, constituyendo una actividad depredadora de insectos en yerbales con árboles (Reutemann, observaciones personales).

Según Silveira Soares (1997), yerbales con ambientes complejos por incorporación de especies arbóreas, preferentemente nativas, es un método de control cultural altamente recomendable para la reducción de los niveles poblacionales de *H. betulinus*. Es un control natural que baja el nivel de daño que pudiera ocasionar la “plaga”, haciendo innecesario el tratamiento con productos biológicos o químicos. Es decir, podemos eliminar totalmente el uso de agroquímicos en yerba mate, haciendo un manejo del sistema hacia una mayor biodiversidad.

Hay un factor silencioso, imperceptible, que disminuye la productividad de los cultivos de yerba mate: el viento. Los vientos, sobre todo si son constantes, secos y cálidos, provocan en ambientes desprotegidos (sin cortinas, sin cobertura del suelo y sin sombra) una pérdida de agua por evapotranspiración muy alta. Las hojas pierden agua por sus estomas (en el caso de la yerba mate, los estomas están presentes sólo en el envés de la lámina foliar), y si no hubiera viento, la capa de aire saturado de humedad que se acumula bajo la hoja no se removerá, permitiendo una mínima diferencia de gradiente entre la humedad dentro de la hoja, en la cámara subestomática, respecto a la humedad fuera de la hoja. Como el agua, la humedad, se mueve del ambiente más húmedo al más seco, si existe viento que remueve la capa de aire en contacto con la hoja de manera permanente, siempre el aire nuevo será más seco, tendrá mayor diferencia de humedad con el interior de la hoja, provocando una transpiración excesiva, que la planta busca evitar para no llegar al estrés hídrico, a la marchitez, cerrando los poros. Cuando cierra los estomas, regula la pérdida de agua, pero se interrumpe el intercambio gaseoso y disminuye la fotosíntesis. En síntesis, la planta expuesta al viento constante pierde capacidad de producción de hoja verde. Por lo tanto, debemos evitar el efecto de los vientos, en todos los cultivos.

En general, se presentan tres tipos de interacciones entre las diferentes especies de árboles y la yerba mate, que afectan a su desarrollo:

- Positivas (+), donde la Yerba Mate es beneficiada por el árbol, como en los casos de *Enterolobium contortisiliquum* (Timbó Colorado) y *Peltophorum dubium* (Yvyra Pytã).
- Negativas (-) para la yerba mate, que ocasionan una depresión en su crecimiento, como en los casos de *Jacaranda micrantha* (Caroba Guazú) y *Nectandra megapota-mica* (Laurel Negro).
- Indiferentes (x), que es lo que ocurre con la mayoría de las especies, al menos hasta conocer más profundamente sus relaciones interespecíficas. ¡Pero se mantienen todos los beneficios antes nombrados!

Con buenas prácticas podemos reducir las pérdidas de suelos por erosión hídrica y con buen manejo de planta (cosecha o poda) podemos sostener la producción. Pero sin sombra y sin cortinas rompevientos irremediablemente se van afectando ramas expuestas al sol y habrá estrés hídrico, por lo tanto, pérdida de rendimiento. Nuestro yerbal debe parecerse al monte. Hay que imitar las condiciones que se dan en el monte. Observar e imitar. Manejar un sistema complejo requiere capacidad de observación para reducir nuestras intervenciones, y promover procesos, especialmente biológicos, para reducir los aportes de insumos.

¿Cómo nos podemos parecer al bosque? Cubriendo el suelo utilizando coberturas vivas o muertas, disminuyendo la temperatura del agroecosistema con sombra, evitando los efectos del viento a través del uso de cortinas y el arbolado, moderando los efectos de la lluvia, evitando la erosión hídrica y el granizo, equilibrando la nutrición mediante el uso de biofertilizantes enriquecidos con micronutrientes, sombreando parcialmente los cultivos, promoviendo la diversidad biológica sobre y bajo el suelo, estimulando su actividad aportando abundante materia orgánica producida en el lugar, no removiendo el suelo, diversificando los cultivos mediante asociaciones o cultivos mixtos, etc. En la naturaleza no hay monocultivos. Muchas de estas opciones se trataron en el capítulo 3.

Clasificación de los SAF con yerba mate

Los sistemas agroforestales con yerba mate han tenido diversos orígenes, considerando el momento en que se incorporan los árboles respecto al sistema yerbatero, pudiendo tenerse así una primera clasificación de sistemas agroforestales yerbateros. Podemos encontrar que la forma más extendida de realizar un Sistema Agroforestal con yerba mate ha sido la introducción de árboles a los yerbales en producción. Otra manera, más reciente, que observamos y proponemos actualmente, es la implantación simultánea de nuevos yerbales con los árboles. La opción restante, es la implantación de yerba mate bajo dosel de bosque nativo con diferen-

tes grados de intervención (bosque nativo alto, bosque secundario y capueras³), o incluso reforestaciones (monocultivos forestales).

Arborización de yerbales en producción

Esta es la modalidad más extendida de establecer un SAF con YM, dado que el monocultivo ha sido la forma más común de cultivar yerba mate, y la diversificación de los sistemas se dan a partir de este modelo con la incorporación de los árboles. Los diseños utilizados son simplificados, y partiendo de las densidades de plantación del yerbal, donde los árboles comparten su posición en la propia línea de plantación de la yerba, y con variantes en las cuales la línea forestal está en las entrelíneas. La elección de uno u otro esquema se basa en las opciones futuras de cosecha mecanizada, para la cual es necesario tener el líneo libre de obstáculos. También se argumenta que para el apeo de los ejemplares es mejor plantarlos en la entrelínea, pues previo desrame causa muy poco daño a la estructura de la planta de yerba. El apeo de ejemplares ubicados en el líneo, afecta a los líneas laterales, aún con un desrame o poda fuerte. El daño a la estructura de las plantas requiere luego una intervención para recuperarlas. Otro argumento para plantarlos en el líneo es que todas las entrelíneas pueden mecanizarse para el control de espontáneas con macheteadora de arrastre o para realizar subsolados periódicos.

La arborización de yerbales en producción se puede realizar con especies nativas o exóticas, incluso combinándolas.

Con especies nativas

La implantación de especies originarias de la propia Selva Paranaense en las plantaciones existentes de yerba mate, es una práctica muy extendida entre los agricultores de Misiones, y es la que permite la mayor cantidad de combinaciones de especies, posibilitando numerosos diseños a partir de la fenología de las mismas, especialmente cuando consideramos la caducidad de su follaje. También es importante la clase de frutos que brinda a la fauna que se asocia a los sistemas, especialmente las aves, y de éstas, aquéllas que son omnívoras, es decir, que además de frutas pueden alimentarse de insectos.

Los sistemas agroforestales con especies nativas pueden ser monoespecíficos (yerba mate con una sola especie forestal nativa) o multi-específicos (con varias especies nativas combinadas).

Los **monoespecíficos** más comunes son aquellos con *Araucaria angustifolia*, una de las dos coníferas nativas (la otra es *Podocarpus lambertii*). Las plantaciones se realizan a partir de la siembra directa en el propio yerbal o mediante la utilización de plantines producidos en viveros. Entre los argumentos a favor de estos sistemas se cuenta que ambas especies tienen una coevolución estrecha en su lugar de origen, el sector oeste del Planalto brasileiro cuyas estriba-

³ Capueras: nombre regional con el que se denomina a la vegetación natural en el inicio de la sucesión secundaria.

ciones llegan hasta el noreste de Misiones (Departamentos Gral. Manuel Belgrano y San Pedro). Juega en contra de esta combinación, el desrame natural o artificial que origina un material incómodo de manejar por su follaje con extremos punzantes. El material caído en las parcelas y no retirado, dificulta las tareas de limpieza y cosecha. Por su tamaño, no “contamina” el producto que va al secadero. Vale para este caso lo señalado antes, de plantar/sembrar en el surco o en las calles.

Otras especies observadas en monocultivo son *Cordia trichotoma* (peteribí o loro negro), *Bastardiopsis densiflora* (loro blanco) y *Cedrela fissilis* (cedro misionero).

Los **sistemas multiespecíficos** también son frecuentes, y desde nuestro paradigma para la agricultura (Agroecología) son los más interesantes, por la dinámica y función más próxima a la de los sistemas naturales locales (selva paranaense). En esta propuesta, las combinaciones son infinitas, y nos permiten tener sistemas con múltiples estratos. Una de las cuestiones fundamentales a establecer por la investigación de estos sistemas complejos consiste en establecer las densidades más convenientes, en relación a la productividad del yerbal, priorizando el margen bruto por sobre el rendimiento de hoja verde. En ese sentido, se ha propuesto un ensayo con niveles artificiales de sombra de 35, 50 y 70 por ciento, a efectos de determinar una intensidad que después pueda ser replicada con una combinación de especies forestales (Munaretto et al., 2019). En parcelas de producción se han implantado SAF con densidades de entre 120 a 400 ejemplares/hectárea. Baggio et al. (2008) recomiendan no sobrepasar los 200 árboles por hectárea, aunque densidades mayores permitan luego una selección posterior de los mejores ejemplares. Estos casos son de manejo más complejo, requiriendo observaciones continuas, pues las distintas especies tienen comportamientos diferentes, exigiendo podas y raleos, destacándose que las podas de formación de la propia planta de yerba mate, también requiere atención, en virtud de que presenta una tendencia a desarrollarse en altura, con varios tallos dominantes.

Con especies exóticas

Los SAF con especies exóticas son muy simplificados, pues se establecen con una sola especie forestal (mono-específicos), y han sido en respuesta a diferentes situaciones. Algunos casos se vinculan a períodos de crisis en la economía yerbatera, en especial ante precios muy bajos de la materia prima (hoja verde). En esas épocas, muchos productores optaron por reforestar yerbales mediante el aprovechamiento de los subsidios fiscales que el Estado Nacional promovía (y aún promociona) para forestar con exóticas (también se reforestó con araucaria). *Pinus elliotii* y *P. taeda* (pinos resinosos), son los que se introdujeron ocupando la mayor superficie con yerbales, seguidos por *Paulownia spp* (kiri), y *Toona ciliata* (cedro australiano o toona), *Grevillea robusta* (grevillea o roble sedoso), *Melia azedarach* (paraíso), en menor medida *Eucalyptus spp* (eucalyptus), *Acacia mangium* (acacia), y algunas experiencias interesantes, no incluidas en la promoción forestal, como *Schizolobium parahyba* (guapuruvú), que proporciona abundante cantidad de hojarasca (foliolos, pecíolo y flores) .

Los pinos resinosos tienen una desventaja, no evaluada al inicio de su utilización, consistente en la abundante caída de acículas que quedan retenidas en las ramas de yerba mate que se cosechan, y que hoy tienen fuertes restricciones de los secaderos, que rechazan cargas con este contaminante vegetal. La separación de las acículas del material cosechado, antes de ponerlos en la ponchada, disminuye la productividad del trabajo del cortador-podador que realiza la cosecha, que demanda mejor retribución por esa dificultad. Las demás especies no representan un problema en este sentido.

Estos sistemas son menos complejos en su manejo, por la uniformidad de copas y el desarrollo similar de todo el componente arbóreo.

Plantación de yerba mate bajo bosque nativo

La plantación de yerbales bajo bosque nativo tiene cierta tradición en Misiones, pues ha sido utilizado por los agricultores de manera espontánea, es decir, por decisión autónoma. Hay muchos casos emblemáticos, tal como el de Alberto Roth, en Santo Pipó. Este sistema está bastante difundido, y muchas veces, afortunadamente, nos sorprenden nuevos casos en las recorridas de trabajo de campo. Estos sistemas se establecen realizando una limpieza del sotobosque, dejando los ejemplares de mayor porte, seleccionados por especies de interés del propio agricultor, y la extracción de otros para comercializar (aserrío, leña, etc.), según la densidad original de los mismos en el bosque. Bajo este dosel remanente, se realiza la plantación del nuevo yerbal, generalmente sin laboreo del suelo, por los raigones presentes. La implantación, en general, no se ha realizado en curvas de nivel.

Un inconveniente de estos sistemas donde se dejan solamente ejemplares adultos, maduros, es que dada su gran altura, raíces superficiales y una mayor exposición a los efectos de los vientos fuertes a la que quedan, por la falta de los estratos intermedios que fueron extraídos, tienen caídas periódicas de ejemplares, lo que origina espacios sin cobertura, exponiendo las plantaciones y los suelos al sol, retomando las gramíneas una dominancia de la cobertura del suelo y afectando, la insolación, la sanidad de la estructura de copa (ramas cargadoras con quemaduras de sol). La misma caída de árboles afecta por roturas la estructura de la copa de las plantas de yerba, que deben ser intervenidas con podas para recuperarlas. Estos inconvenientes han llevado a que se proceda de manera diferente para implantar yerbales bajo monte nativo, haciendo la extracción de los ejemplares maduros y dejando los dominados, los renovales, de diámetro, altura y volumen de copa menor, que son más estables al factor viento. En estos casos pueden dejarse ejemplares en exceso e ir raleando con el tiempo según su ubicación, tipo de follaje, especie, y otros factores de interés del productor o por recomendaciones de los técnicos que los asisten.

Existen también experiencias de plantaciones bajo sucesión secundaria (capueras y capuerones), en diferentes estadios de evolución, donde la yerba mate se incorpora al proceso, y se maneja todo el sistema con podas y raleos de diferente intensidad de manera de ir estable-

ciendo un sistema agroforestal de tipo sucesional, pero iniciado más tardíamente comparado con los sistemas que describimos a continuación.

Plantación de yerba mate en sistemas sucesionales

Esta tipología consiste en la implantación de un yerbal simultáneamente con las especies que constituirán el SAF, tanto pioneras como secundarias tempranas, incorporándose de manera simultánea o más tardíamente, aquéllas que son dominantes en el bosque nativo. No hay muchas experiencias de esta modalidad que los autores conozcan. En esta propuesta, la yerba se planta en un lote previamente subsolado y que se deja colonizar por la sucesión secundaria natural, pudiendo incorporarse en el espacio subsolado, especies de raíces pivotantes vigorosas como *Cajanus cajan* (guandú) y *Crotalaria spp* (crotalarias) en primavera (pudiendo permanecer más de un año en el sitio), o *Brassica napus* (nabo forrajero) en invierno. Las especies tardías de la sucesión se incorporan cuando el sistema está más avanzado o de manera simultánea con las propias de la sucesión temprana y la yerba mate. Mientras evoluciona el sistema, se procede a podar y apear las especies tempranas de la sucesión para abrir el ingreso de luz. No tenemos referencia de una experiencia sistematizada que realice este manejo.

¿Cuáles serían las especies arbóreas nativas indicadas para acompañar al cultivo de *Ilex paraguariensis* (yerba mate)?

Varios trabajos recientes indican que los árboles aportan beneficios al cultivo de la yerba mate cuando ésta se encuentra asociada a sistemas agroforestales (Reutemann 2009, 2013; Gonzalez 2013). Para lograr una adecuada combinación con la yerba mate, las características deseables de las especies arbóreas incluidas, además de su valor maderable, son el crecimiento en un eje único (monopódico), y la desrama natural, como es el caso de *Cordia trichotoma*, *Balfourodendron riedelianum*, *Bastardiopsis densiflora*, *Araucaria angustifolia*, *Nectandra lanceolata*, *Jacaranda micrantha*, *Aspidosperma polyneuron*, *Schefflera morototoni*, *Aralia warmingiana*, así como también especies de palmeras, entre otras como fuera reportado por Eibl et al. (2015; 2017). Además, es preferible que los árboles asociados con la yerba mate tengan una copa mediana a pequeña y un follaje permeable a la luz (Baggio et al. 2008), como es el caso de *Balfourodendron riedelianum*, *Cordia trichotoma*, *Eugenia involucrata*, *Jacaranda micrantha*, *Aralia warmingiana* y las palmeras *Euterpe edulis* y *Syagrus romanzoffiana*, entre otras. También, se espera que el aporte de hojarasca por parte de los árboles asociados beneficie al reciclaje de nutrientes (Fernández et al. 1997, Ilany et al. 2010, Day et al. 2011) y que el sistema radicular sea poco competitivo con las raíces de la yerba mate. En todos los casos se propicia que las especies presenten un buen crecimiento y tengan un valor de mercado (Figuras 5, 6 y 7).

Figura 5. Dosel estratificado de árboles que permite un adecuado pasaje de radiación solar, favorable para un sistema agroforestal con yerba mate.



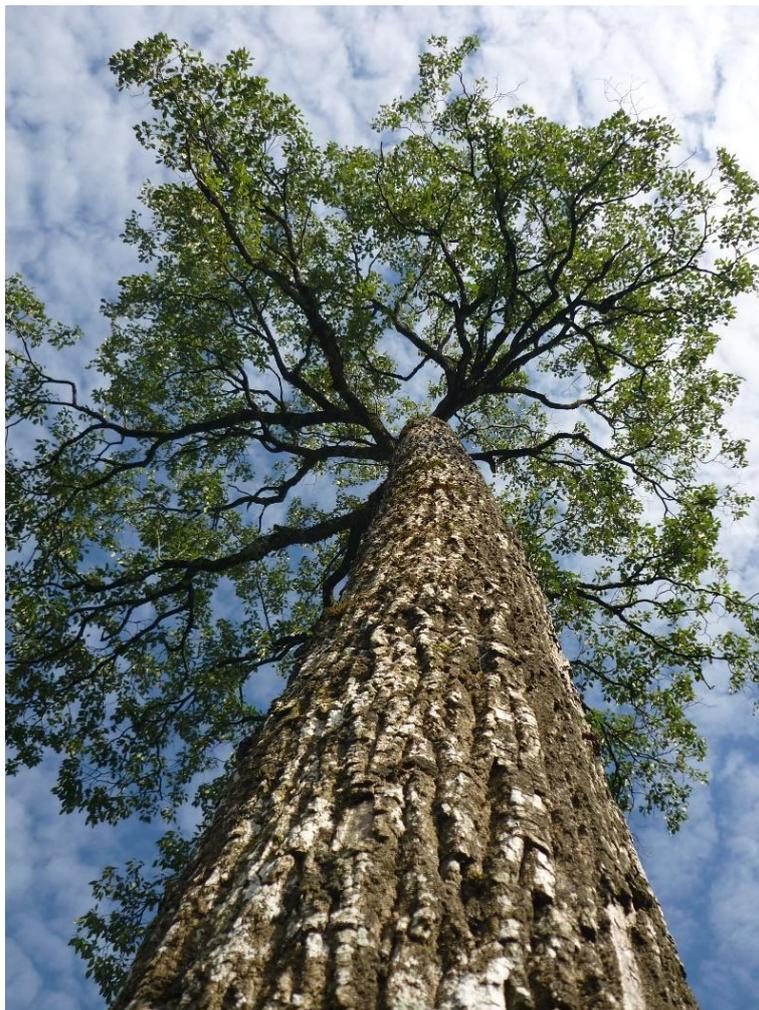
Fuente: B. Eibl.

Figura 6. Poda natural del fuste y copa pequeña en árboles de *Balfourodendron riedelianum* en plantación asociado con yerba mate.



Fuente: B. Eibl.

Figura 7. Poda natural del fuste y copa pequeña en árboles de *Cordia trichotoma* remanentes de bosques asociado con yerba mate.



Fuente: B. Eibl.

Varias especies que tienen buen crecimiento de tipo simpódico, cuando son incluidas en el sistema productivo, debido a la restricción lateral de luz por competencia, sus copas toman forma invertida y se induce la poda natural. En estos casos se recomienda su presencia, aunque en densidades relativamente bajas como es el caso de *Enterolobium contortisiliquum*, especie que es valorada por los aportes de nitrógeno al suelo (Figura 8). En este grupo se encuentran varias especies de alto valor maderero tales como *Cedrela fissilis*, *Peltophorum dubium*, *Pterogyne nitens*, *Handroanthus heptaphyllus*, *H. albus*, *H. pulcherrimus*, *Anadenanthera colubrina* y *Myrocarpus frondosus* (Eibl y Montagnini, 1998; López et al. 2002). Mientras que las especies que crecen mejor a la sombra tales como *Euterpe edulis*, *Myrocarpus frondosus*, *Cabralea canjerana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Eugenia involucrata*, y *Aralia warmingiana* pueden ser incluidas en etapas posteriores requiriendo de pequeños claros para un mejor crecimiento (Eibl et al. 2015, 2017).

Figura 8: Copa invertida por competencia en *Enterolobium contortisiliquum*, sin poda, asociado con yerba mate.



Fuente: B. Eibl.

En ensayos de plantaciones de especies nativas con yerba en Eldorado, Misiones, fue incorporado por su valor paisajístico y maderable *Handroanthus heptaphyllus*, especie declarada monumento provincial (Eibl et al. 2015). Luego de un rápido crecimiento inicial, los árboles de esta especie se estancaron en diámetro y altura, lo cual también ha sido observado por Baggio et al. (2011), característica posiblemente vinculada a la formación del duramen. Su permanencia en el sitio por mayor tiempo puede ser recomendada por su aporte a la fijación de carbono (Vaccaro et al. 2003), lo cual fue determinado a edades tempranas por López et al. (2012), así como también lo destaca Santos et al. (2011). Este es un aspecto que puede ser tenido en cuenta también para otras especies de crecimiento lento como el caso de *Myrocarpus frondosus* y *Aspidosperma polyneuron* (Eibl et al., 2015). La presencia de árboles nativos promueve una importante regeneración de especies de interés tales como *Cabralea canjerana*, *Nectandra lanceolata*, *Peltophorum dubium*, *Machaerium stipitatum*, *M. paraguariensis* y *Jacaranda micrantha*, a partir de semillas traídas principalmente por aves y por el viento provenientes de áreas con bosques remanentes adyacentes a los ensayos (Eibl et al., 2015, Eibl et al. 2017, Eibl et al., 2019) (Figura 9).

En ensayos de plantación de yerba bajo dosel de árboles remanentes en Eldorado Misiones, se destacaron por su buen crecimiento *Cordia trichotoma* (Figura 7) y *Bastardiopsis densiflora* (Figura 10), además de la presencia de ejemplares de *Machaerium stipitatum*, *Myrocarpus frondosus* y *Syagrus romanzoffiana*, con los cuales se completó un total de 40 ejemplares en el dosel superior por hectárea. En el mismo sitio también se encontró una importante regeneración natural de *Balfourodendron riedelianum*, *Bastardiopsis densiflora*, *Cabralea canjerana*, *Cecropia pachystachya*, *Cedrela fissilis*, *Cordia trichotoma*, *Cordia americana*, *Machaerium stipitatum* y *Nectandra lanceolata*, que generaron los diferentes estratos discretos de copas (Eibl et al. 2015).

Figura 9. Regeneración natural de *Cabralea canjerana* en ensayos de plantaciones de especies nativas con yerba en Eldorado, Misiones.



Fuente: B. Eibl.

Figura 10. Árbol de *Bastardiopsis densiflora* con crecimiento monopódico y copa amplia en floración, a finales del invierno, indicado para la apicultura.



Fuente: B. Eibl.

Otras especies que fueran implantadas en ensayos en Eldorado, Misiones (Eibl et al., 2015), como *Pterogyne nitens*, *Enterolobium contortisiliquum* y *Anadenanthera colubrina* son de copas amplias que toman la forma de “copa invertida”, y presentan desrame natural por competencia entre las copas. Particularmente *Enterolobium contortisiliquum* es una especie de copa amplia y raíces aflorantes, lo cual es una característica que sugiere que no es recomendable para estos sistemas, sin embargo su elevado potencial para la restauración de suelos degradados, los visibles beneficios que provee su asociación con yerba mate con respecto a la calidad de la hoja y la retención del suelo que provocan sus raíces, evitando la erosión hídrica, la indican como recomendada en bajas densidades (Day et al. 2011, Montagnini et al. 2011). Cuando es plantada en asociación con otras especies de porte similar, por competencia se produce la poda natural y desarrolla una copa que no interfiere con la actividad productiva (Figura 8).

Aportes de los árboles asociados a la yerba con funciones ambientales y otros productos

En sistemas agroforestales es común encontrar árboles huecos de gran porte y otros muertos que permanecen en el área, propiciando la presencia de aves que anidan en huecos y que se alimentan de insectos y roedores, tal como lo mencionan y recomiendan Cockle et al. (2010). La presencia de aves también se beneficia en el caso de cercanías de bosque remanente aledaño (Cockle et al. 2005).

En la producción de yerba orgánica en el municipio de Turvo, Brasil, Santos et al. (2011) se determinó que cuanto mayor es la biodiversidad y cuanto más complejos son los estratos de vegetación asociada a la yerba mate, menores son los problemas de plagas y enfermedades. Las hojas de yerba se observan más sanas y brillantes en aquellas plantas que se encuentran a la sombra de los árboles y al borde del bosque (Day et al. 2011).

La incorporación de especies nativas en forma mixta en el cultivo de *I. paraguariensis* propicia otros productos alternativos tales como flores, frutos y semillas de diversos usos.

Las especies que se destacan para un fin paisajístico por sus flores de vistosos colores incluyen *J. micrantha*, *P. dubium*, y *Handroanthus* sp. y para la producción apícola, *N. lanceolata*, *B. densiflora*, *E. involucrata*, *E. uniflora*, *E. edulis*, y *M. frondosus*, aunque todas las especies son visitadas por las abejas, en procura de algún insumo (Figura 6). En Eibl et al. (2015), se presentan las épocas de floración y dispersión para las especies de mayor interés. Todas las especies en diferentes momentos del año aportan frutos y semillas que son utilizados tanto para el consumo familiar, como por la fauna de aves y mamíferos, además de ser útiles favoreciendo la regeneración natural y como material de propagación para viveros.

Referencias

- Baggio, A. J. Vilcahuaman, JM; Correa (2008) Arborização da cultura da erva-mate: aspectos gerais, resultados experimentais e perspectivas. Documentos 161, Embrapa Florestas, 32p.
- Baggio, AJ; Felizari, SR; Ruffato, A; Soarez, AO. (2011). Produção do componente arbóreo no sistema agroflorestal da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em Machadinho, RS. Actas, V Congreso Sudamericano de la Yerba Mate. (2011). Misiones.p. 105-110.
- Camilloni, I. (2018). Argentina y el cambio climático. Ciencia e investigación TOMO 68 N° 5. Disponible en: <http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/11/1-Camilloni-cei68-5-2.pdf>
- Chifarelli, D; Descalzi, E.; Brusca,L.; Gelabert, C. (2019). Sistemas agroforestales y frutales nativos. Estrategia de producción y conservación desde la agricultura familiar. LEISA. Revista Argentina de agroecología. 35:4:27-30. Disponible en: <http://leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol35n4.pdf>
- Cockle, KL; Martin, K; Drever, MC. (2010). Supply of tree-holes limits nest density of cavity-nesting birds in primary and logged subtropical Atlantic forest. Biological Conservation 143:2851-2857.
- Cockle, KL; Leonard, ML; Bodrati, AA. (2005). Presence and abundance of birds in an Atlantic forest reserve and adjacent plantation of shade-grown yerba mate in Paraguay. Biodiversity and Conservation. 14:3265-3288.
- Day, S; Montagnini, F; Eibl, B. (2011). Effects of native trees in agroforestry systems on the soils and yerba mate in Misiones, Argentina. Pp.99-112. In: Montagnini, F; Francesconi, W; Rossi, E. (Eds.). Agroforestry as a tool for landscape restoration: challenges and opportunities for success. New York, USA, Nova Science Publishers. 201 p.
- Eibl, B. et al (2015) *Ilex paraguariensis* A. ST.-HIL., yerba mate orgánica bajo dosel de especies nativas maderables, una propuesta de producción sustentable. Cap 7, p 153-177. En Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibl, B. 2015. Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.En
- Eibl, B; Montagnini, F. (1998). El potencial de las especies nativas en programas de plantación. Pp. 19-26 En: VI Jornadas Técnicas, Serie Técnica n°6, Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Facultad de Ciencias Forestales (FCF). Eldorado, Misiones, Argentina.
- Eibl B I, Montagnini F, Lopez M A, Montechiesi R, Barth S R, Esterche E. (2015). *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., yerba mate orgánica bajo dosel de especies nativas maderables, una propuesta de producción sustentable.Cap.7. Pp.158-177. En: Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H, Eibl B (Eds.Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 454pp.
- Eibl B, Montagnini F, López M, López LN, Montechiesi R, Esterche E. (2017). Organic yerba mate, *Ilex paraguariensis*, in association with native tree species: a sustainable production

- alternative. In: Montagnini F (ed) Integrating landscapes: agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty, *Advances in Agroforestry* 12. Springer, Cham, pp 261–281
- Eibl B I, López M A, Montagnini F, Suarez S, Dohman R, Dummel C, Robledo L. (2019). Diversidad de especies arbóreas luego de 29 años de la plantación de especies nativas en un área de restauración en la Provincia de Misiones, Argentina. Pp. 307-309. Actas de las XVIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. 17 al 19 de octubre de 2019, Eldorado, Misiones, R.A.
- Fernández, R; Sosa, D; Pahr, N; Von Wallis, A; Bárbaro, S y Albarracín, S. (2015). El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. Provincia de Misiones. Tomo II. Pág. 187 - 200. Roberto Casas y Gabriela Albarracín editores. PROSA – Centro para la promoción de la conservación del suelo y del agua.
- Fernández, R; Montagnini, F; Hamilton, H. (1997). The influence of native trees on soil chemistry in a subtropical humid forest region of Argentina. *Journal of Tropical Forest Science*. 10:188-196.
- Gandolla, E; Toresani, M. (2020). Aportes para un Programa Provincial de Gestión de Cuencas. Enfoque ecosistémico. FCEQyN, UNaM y EPRAC, 72p.
- Gandolla, E. (2008). Impacto de los cambios en uso del suelo y actividades antrópicas sobre el escurrimiento y calidad en cuencas de abastecimiento de agua potable a poblaciones de la Provincia de Misiones, Tomos II a IV, Consejo Federal de Inversiones (CFI).
- González, E. (2013). Yerbales bajo sombra de árboles, un sistema que genera beneficios (en línea). *Iguazú Noticias*. Disponible En: <http://iguazu-noticias.com/v2011beta/2013/03/yerbales-bajo-sombra-un-sistema-que-genera-beneficios/>
- Ilany, T; Ashton, M; Montagnini, F; Martínez, C. (2010). Using agroforestry to improve soil fertility: effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* (yerba mate) plantations with *Araucaria angustifolia*. *Agroforestry Systems* 80(3):399- 409.
- Kozarik J. C. (1994) Los sistemas agroforestales en Argentina. Serie Técnica No. 2. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Eldorado, Misiones, Argentina, 73 pp.
- Kozarik, J.; Pantaenius, L.; Carvallo, C.; Alzamendia, O.; Méndez, R.; Keller, E. (2004). Cultivos en callejones con *Leucaena diversifolia* (Schlecht) Y *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub asociadas a *Zea mays* (Maíz), en Misiones, Argentina. Acta XI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – FCF, UNaM – INTA EEA Montecarlo. Págs. 275 – 281.
- López, JA; Little, EL; Ritz, GF; Rombold, JS; Hahn, WJ. (2002). Árboles comunes del Paraguay. Ñande yryra mata kuera. Servicio Forestal Nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Cuerpo de Paz. Paraguay, Ed. Gráfica Mercurio S.A. 456 p.
- López, LN; Montagnini, F; Keller, H. (2012). Biomasa y cantidad de carbono almacenado en *Tabebuia heptaphylla* en un sistema agroforestal con *Ilex paraguariensis*. Actas, 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF, UNaM, EEA Montecarlo, INTA. [Eldorado, Misiones, Argentina, 7-9 jun. 2012].
- Montagnini, F; Eibl, B; Barth, S. (2011). Organic Yerba Mate: an environmentally, socially and financially suitable agroforestry system. *Bois et Forêts des Tropiques* 308(2):59-74.

- Munaretto, N.; Barth, S.; Fassola, H.; Colcombet, L.; Gonzalez, P.; Comolli, L.; Schegg, E.; Loto, M. (2019). Productividad de *Ilex paraguariensis* cultivada según nivel de luz. Actas XVIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Págs. 298 - 300. Eldorado. Misiones. Argentina.
- Reutemann, G. (2009). Plantar árboles nativos en los yerbales ayuda a conservar el suelo y mejorar el rendimiento (en línea). Misiones, Argentina. Disponible En: www.misionesonline.net
- Reutemann, G. (2013). Los beneficios de plantar árboles en yerbales (en línea). InforMate Digital. Disponible En: <http://www.informatedigital.com.ar/ampliar3.php?id=23009&PHPSESSID=bf942222c689c01893719e2757333397>
- Rodríguez, M. et al (2006) Los bosques nativos misioneros: estado actual de su conocimiento y perspectivas. En: M. Arturi, J. Frangi, JF Goya (2006) Ecología y Manejo de los bosques de Argentina, EDULP, La Plata.
- Santos, JCP; Savian, GCPS; Savian, M. (2011). Caracterização de sistemas agroflorestais de manejo de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) nativa no Município de Turvo, Paraná, Brasil. Actas, 5to Congreso Sudamericano de la Yerba Mate [Posadas, Misiones, 5-6 may. 2011]. p. 131-135.
- Silveira Soares C. M. y E..T. Iede (1997) Perspectivas para o controle da broca-da-erva-mate *Hedyphates betulinus* (Klug, 1825) (Col.: Cerambycidae). Em: Acta do I Congresso Sul-Americano da Erva Mate e II Reunião Técnica do Cone Sul sobre a Cultura da Erva-Mate, Curitiba, PR, Brasil.
- Vaccaro, S; Arturi, MF; Goya, JF; Frangi, JL; Piccolo, G. (2003). Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de Misiones, Argentina (en línea). Interciencia 28(9): 521-527. Disponible En: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000900005&lng=es.

CAPÍTULO 9

Implementación y manejo de Sistemas Silvopastoriles en el bajo Delta del río Paraná

Esteban D. Borodowski y Patricia S. Cornaglia

Introducción

El Delta del Paraná es el área más importante de cultivo de Salicáceas en la República Argentina (Borodowski, 2017). La actividad silvopastoril tomó relevancia en la región principalmente por los importantes cambios que se dieron en la situación agropecuaria del país a partir de la década del 90, fundamentalmente a causa de la expansión de los cultivos agrícolas, en especial de la soja (*Glicine max*), que desplazaron a la ganadería hacia zonas que tradicionalmente no eran ganaderas, fomentando el ingreso del ganado vacuno principalmente en los ambientes forestales del Bajo Delta del Paraná.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) constituyen una importante alternativa para grandes, medianos y pequeños productores de la región, ya que ofrecen una posibilidad de diversificación y de eficiencia en la utilización de los recursos naturales disponibles sin producir grandes transformaciones en estos sistemas productivos. Inicialmente, el pastoreo bajo las plantaciones forestales se utilizaba para reducir la vegetación herbácea espontánea, minimizando el riesgo de ocurrencia de incendios, controlando malezas y mejorando el acceso al sitio. Posteriormente, los beneficios económicos que trajo la integración de la actividad ganadera con la forestal posibilitaron un recupero económico intermedio por la venta de animales en plazos más cortos, para una actividad tan larga como la forestación (Lucerini et al., 2013; Cornaglia et al., 2019). De esta manera la diversificación productiva, al reducir los riesgos biológicos y económicos, aceleró la introducción de la ganadería bajo las plantaciones forestales (Suárez et al., 1999; Lucerini et al., 2013; Cornaglia et al. 2019).

Los beneficios ambientales y productivos que se logran a partir de una correcta selección y distribución de los componentes del sistema silvopastoril, contribuyen a un aumento de la productividad. Entre estos se destacan, por ejemplo, que los árboles a través de su sistema de raíces profundas y su aporte de hojarasca, pueden mejorar el ciclo de los nutrientes no disponibles a las raíces superficiales de los pastos, mantener la fertilidad del suelo y aumentar el aporte de materia orgánica. Los árboles crean microclimas más favorables para el conjunto formado por cultivos y ganado. Su presencia reduce la erosión eólica y/o hídrica promoviendo la estabilidad del suelo y disminuye la insolación directa conservando el agua del suelo (ver capítulo 1). Con respecto al ganado, le permite a los animales mantener la temperatura corpo-

ral con una menor pérdida de energía, disminuyendo la pérdida de calor por los vientos fríos o reduciendo el exceso de calor ante la insolación por su sombreado (capítulo 12).

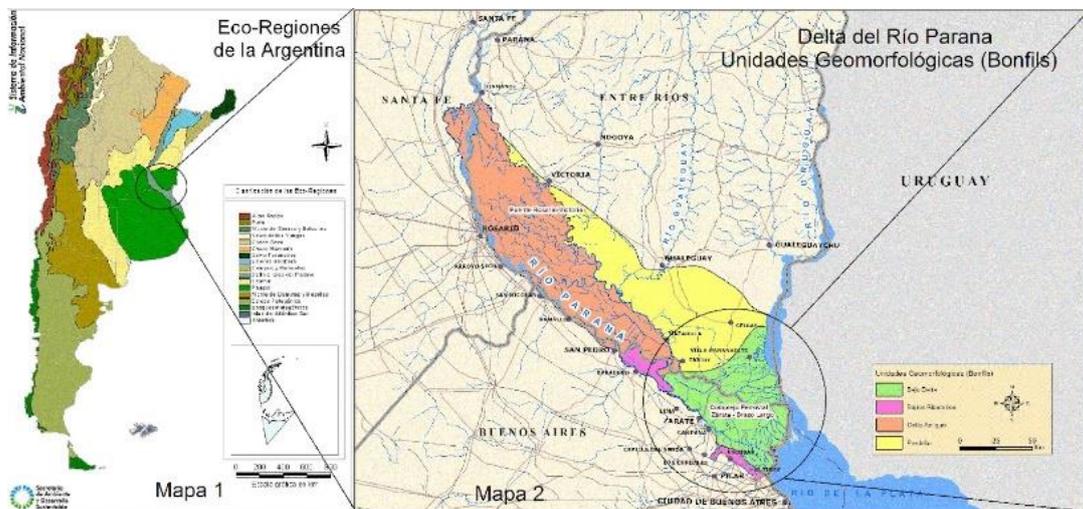
La incorporación de la ganadería bajo las plantaciones forestales conlleva un cambio en el manejo forestal tradicional de la región. La actividad silvopastoril requiere de una nueva silvicultura que propone un uso más diversificado del árbol y del ambiente que la silvicultura tradicional, adaptado a las condiciones ambientales de la región y pensando un manejo eficiente de los componentes del sistema. A esto, se suman las condiciones exclusivas del Delta del Paraná principalmente en sus aspectos ambientales que lo hacen casi un sistema único de producción en un humedal. Por ello, se trata de un sistema de producción silvopastoril particular, que se encuentra aún en análisis y perfeccionamiento, y que avanza teniendo en cuenta las mejores prácticas de producción sustentables.

El Delta del río Paraná

El Delta del Río Paraná está ubicado en la porción terminal de la Cuenca del Río Paraná, extendiéndose a lo largo de 300 km, entre los 32° 5' S y 58° 30' O y los 34° 29' S y 60° 48' O (Bonfils, 1962). La confluencia de los ríos Paraná y Uruguay con el río de la Plata contribuyen a la formación de este delta, que cubre una superficie de 1.750.000 ha, de las cuales 257.400 ha corresponden al Delta bonaerense, 1.475.000 ha al Delta entrerriano y el resto a la provincia de Santa Fe (Figura 1). Se trata de una extensa llanura anegadiza, formada por depósitos fluviales y un gran número de ríos y arroyos. Desde el punto de vista geográfico se divide en tres zonas:

- Delta inferior: desde el Río de la Plata hasta la línea que une Atucha con el río Ñancay.
- Delta medio: desde el límite anterior hasta San Pedro.
- Delta superior: desde San Pedro hasta Rosario.

Figura 1. Mapa 1 Ubicación del Delta del Paraná en la Ecorregión Delta e Islas del Paraná en Argentina. Mapa 2 Unidades Geomorfológicas, Bonfils, 1962



Fuente: SIG EEA Delta del Paraná INTA.

La región del Delta del Paraná es una planicie de inundación que Malvárez (1997) definió como un extenso macromosaico de humedales, con una heterogeneidad atribuida fundamentalmente al régimen climático, procesos geomorfológicos pasados y actuales y al régimen hidrológico.

La región tiene un clima húmedo templado (Malvárez, 1997) con una temperatura media anual de 16,5 °C y una variación estacional estrecha (la temperatura media del mes más frío y más cálido es de 11,5 y 22,5 °C, respectivamente) y una precipitación media anual de 1.100 mm distribuida uniformemente a lo largo del año (1960-2010; Estación Agrometeorológica INTA Delta). La humedad relativa media anual es elevada todo el año (76%).

La presencia de ríos, riachos, arroyos, etc. le dan una fisonomía particular al Delta, sujeto fundamentalmente a los regímenes hídricos del Río Paraná y del Río Uruguay y a su cercanía al Río de la Plata. La región está sujeta a inundaciones periódicas de mayor o menor magnitud, cuando el nivel normal de las aguas de los ríos es alterado por alguno de los siguientes fenómenos:

- Mareas comunes que ejercen su acción sobre el Río de la Plata y provocan oscilaciones en el nivel del agua y constituyen los repuntes comunes o mareas.
- Crecidas del Río Uruguay originadas por lluvias en su cuenca.
- Crecidas ordinarias y extraordinarias del Río Paraná, debidas a las precipitaciones que se producen en el curso superior y medio del mismo.
- Vientos del sector sudeste, que provocan crecientes de variada magnitud según la velocidad con que soplan (sudestada). Si estos vientos son muy fuertes pueden dar lugar a inundaciones extraordinarias y más aún si coinciden con las épocas en que el río Paraná está en período de creciente.

Las distintas regiones del Delta son afectadas en forma diferencial por las inundaciones provenientes de la cuenca del río Paraná, del río Uruguay o de aquellas, producto de vientos del sudeste. La porción bonaerense, es perturbada principalmente por inundaciones provocadas por las elevadas precipitaciones en la naciente y a lo largo de la trayectoria del río Paraná siendo de gran duración y teniendo consecuencias devastadoras. La región más cercana a la desembocadura sobre el río de la Plata no es alterada por las inundaciones de aguas arriba dado que en esa porción el río se abre considerablemente, pero es fuertemente afectada por las rápidas crecidas que provocan los vientos provenientes del sector sudeste que frenan el normal desagüe del río llevando, en pocas horas, a marcas importantes de los niveles de agua. Finalmente, las crecientes del río Uruguay impactan al delta entrerriano principalmente.

La sedimentación de las partículas que traen los ríos Paraná y Uruguay forma bancos que, una vez en superficie, son colonizados por la vegetación. Estos moderan la corriente y el oleaje e incrementa la sedimentación. De esta manera, aumentan la superficie por encima del nivel del agua, se produce la colonización de otras especies y se transforman finalmente en “islas”

(Burkart, 1957). Las islas del Delta poseen los bordes más elevados; estas áreas reciben la denominación de altos o albardones y, encerrados por ellos, quedan los bajos o pajonales. La proporción de albardones y pajonales es de 15-25% y 85-75% respectivamente. El ancho de los albardones varía entre 10 a 100 m. La diferencia en altura entre albardones y pajonales es de 0,8-1,5 m. En los bajos, con el agua en superficie o muy próxima, aparecen cursos de agua menores, muchas veces endorreicos. Los albardones se ubican en las márgenes de los cursos de agua y los de mayor dimensión, se ubican en las márgenes de los ríos más caudalosos. La posibilidad de aprovechamiento de estas tierras son dos: utilizar sólo los albardones y descartar prácticamente el resto de la superficie constituida por los pajonales o bien, habilitar estas tierras en conjunto. Para lograr este objetivo se recurre a la *sistematización*, dotando a los campos de redes de desagües y drenajes. Las alternativas para cumplir con estos fines son tres: *sistema abierto o zanja abierta, sistema semicerrado o atajarrepunte y sistema cerrado o endicamiento*.

Esquemáticamente, el funcionamiento de estos sistemas consiste en abrir canales y zanjas que permiten el desagüe y drenaje de los campos bajos, así como realizar “endicamientos” (cerramientos para la protección ante el ingreso del agua cuando las mismas aumentan su nivel), el tamaño del mismo dependerá del manejo de agua que se pueda realizar. Estas características regionales determinarán los sistemas de producción particulares en su selección y ejecución. La sistematización del área a partir de diques se estima en 48.000 ha para el Bajo Delta (Gaute et al., 2007) y son las que poseen la mayor aptitud para la implementación de SSP, para lo cual es imprescindible realizar un manejo específico orientado a la producción de madera para usos múltiples, forraje y carne en forma sustentable.

La producción de salicáceas

La superficie forestada con Salicáceas en la región del Delta se estima en 80.000 ha, de las cuales sólo el 75% de las mismas se encuentran bajo manejo (Borodowski et al., 2014). Aproximadamente 64.000 ha corresponden a sauces (*Salix* sp), con rendimientos promedios de 15 a 20 m³/ha/año y las restantes a álamos (*Populus* sp), con rendimientos promedios entre 20-25 m³/ha/año. El turno de corta se alcanza entre 12 a 16 años para álamo y entre 10 a 14 años para sauce, dependiendo del objetivo de producción y el mercado. En plantaciones de sauce casi el 95 % tiene destino celulósico papelerero. Los rendimientos esperados al turno de corta son de 200 a 400 m³/ha para álamo y de 120 a 250 m³/ha para sauce (Borodowski et al., 2014). Los álamos comercialmente más plantados en la región son *Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’, ‘Australiano 106/60’ y ‘Mississippi Slim’ conocido como “Stoneville 67” y los sauces: *Salix babylonica* var *sacramenta*, *Salix babylonica* x *Salix alba* ‘Ragonese 131-25 INTA’, *Salix babylonica* x *Salix alba* ‘Ragonese 131-27 INTA’, *Salix matsudana* x *S. alba* ‘Barret 13-44’ y *Salix nigra* ‘Alonzo nigra 4’ (Cerrillo, 2010; Borodowski et al., 2014).

Los álamos se plantan en sitios altos de albardón, caídas de albardón y en suelos bajos endicados y sistematizados, de textura franca gruesa, moderadamente bien drenados, y profundos,

con un pH ligeramente ácido a neutro (Casaubon et al., 2004). Los sauces se plantan en los suelos bajos de bañados, a menudo inundables, con una napa freática permanentemente en superficie, con agua siempre aireada y en movimiento, suelos franco-arcillo-limosos, bien drenados y con pH ácidos a neutros (Casaubon et al., 2013). El material de plantación procede de viveros forestales de Salicáceas llamados estaqueros. Para la realización del estaquero, las estacas “madre” que producirán el material para las plantaciones forestales, se plantan a fines de invierno, a un distanciamiento en general de 0,5 a 0,8 m entre estacas por 1 m entre filas, siendo de un largo de 0,5 a 0,7 m. Estos estaqueros pueden producir durante 8 a 10 años (a veces, más) y proveen las estacas (parte de la rama de un año) y guías (la vara entera, sin raíz) para la plantación forestal. Para la misma, tradicionalmente se utilizan estacas de 50 a 70 cm de largo, aunque puede ser de un largo mayor en determinadas condiciones de sitio (enmalezados o con importante riesgo de inundación). Para objetivos productivos de aserrado o debobinado se pueden utilizar guías. Los manejos silviculturales que se realizan tradicionalmente en álamos están orientados mayoritariamente a la producción de madera para usos sólidos (aserrado y/o debobinado) y en menor proporción para la molienda (madera triturada y pulpa para papel) y usos energéticos. El uso actual de la madera de sauce tiene como principal destino la industria del papel de diarios y el triturado (95%), y, menos conocido, para usos sólidos, cajonería para frutas y verduras. La madera para mueblería y la fabricación de viviendas tienen un uso potencial en la región.

Diseño de Sistemas Silvopastoriles

El Delta del Paraná es una región modelada por el régimen fluvial, por lo cual el agua cumple un rol predominante. Es imprescindible en el establecimiento que realizará la actividad silvopastoril la presencia de obras de infraestructura de defensa contra los repuntes. Además, se debe considerar la aptitud de los campos luego de producir en éstos su recuperación del anegamiento (sistematización) y como condición ambiental constante la alta humedad. Estos dos conceptos implican consideraciones de manejo especiales para la región. Con respecto a la recuperación de los campos, una vez producida la salida del agua de un potrero se puede comenzar a manejar la variación en la carga animal. En veranos secos, es necesario el buen mantenimiento de las redes de drenaje y el sistema de compuertas y de bombeo, para facilitar el ingreso del agua a los rodales, y en períodos lluviosos para eliminar los excedentes de agua con facilidad. Un adecuado manejo del agua en el rodal y la menor densidad de árboles, optimizan el desarrollo de árboles y pastos, brindando no sólo mayor oferta de forraje al ganado, sino además un mayor bienestar animal. Con lo cual, la experiencia de combinar ganadería vacuna (principalmente cría) con forestación se realiza principalmente en campos con manejo del agua (endicados).

La ganadería es una actividad productiva importante para la región debido a que ofrece una alternativa de diversificación para el productor, y por lo tanto un aumento de la "eficiencia" en la

utilización de los recursos naturales que se encuentran disponibles, sin necesidad de producir grandes transformaciones. Es posible aprovechar el forraje que naturalmente se produce, o enriquecerlo. Además, actualmente se incrementan las posibilidades para facilitar el transporte de ganado vacuno durante el período de comercialización (compra/venta, caminos, rutas, puentes, alteos, balsas, etc.). Por lo tanto, la actividad ganadera en la región se puede realizar utilizando los campos naturales sin forestación o realizarla con la misma en un sistema integrado y/o complementario.

La silvicultura proporciona (i) mayor volumen de madera de calidad para diversos usos (principalmente aserrado y debobinado), (ii) mayor crecimiento individual por planta, (iii) mejor homogeneidad del cultivo, (iv) mayores porcentajes de fustes cilíndricos, (v) mayor período de plantación (mayo-agosto), (vi) mayor prendimiento de plantas, (vii) mayor acceso al agua de la napa freática. Es esperable además (i) un menor ataque de plagas y enfermedades por mayor aireación de las plantaciones, y (ii) menor competencia con las malezas y riesgo de incendios forestales porque el forraje está siempre verde y disponible para el ganado (Casaubon et al., 2014).

A continuación, se describen los principales aspectos a tener en cuenta con respecto a los componentes de un sistema silvopastoril.

Componente forestal

Elección del género forestal

La calidad del sitio condicionará la elección del género forestal a cultivar y el objetivo de producción. Además, es importante considerar cómo el mismo responde ante su inclusión en un sistema silvopastoril. En la región del Delta del Paraná, la ganadería silvopastoril se realiza principalmente bajo plantaciones de álamos.

Los álamos, a diferencia de los pinos y eucaliptos, son caducifolios (pierden su follaje en invierno). Esto permite una mejor llegada de luz al sotobosque durante el invierno, y aporta una diferencia positiva con respecto a la posibilidad de intercalar cultivos invernales (trigo, avena, etc.) bajo el rodal, así como el de lograr un mayor desarrollo de los pastos naturales o sembrados. La luz es uno de los recursos más limitantes en los sistemas agroforestales (Sharrow, 1992; Lin et al., 1999). Por otro lado, es factible esperar una competencia a nivel radical por agua y nutrientes. La mayoría de los trabajos de investigación encuentran reducciones en el rendimiento del cultivo intercalar (con respecto a su monocultura) y no en el forestal (Singh et al., 1989). Pero también es esperable para el forestal, una posible reducción en el rendimiento por competencia por agua o nutrientes o una mejora en función de las prácticas que se realicen sobre el cultivo intercalar (ej.: fertilizaciones, riego, etc.). Es importante considerar la disminución de los recursos para el cultivo intercalar (sea un cultivo, una pastura, o un campo natural) ante el aumento del desarrollo forestal. Varios

trabajos demuestran la reducción de los rendimientos de los cultivos intercalares ante el aumento en la edad de las plantaciones (Ralhan et al., 1992; Mead, 2009).

El aporte de materia orgánica y de nutrientes al suelo que realiza la hojarasca varía con la especie forestal. *Populus deltoides* aportó 5 kg por árbol por año de hojarasca seca, casi 3,5 veces más de producción que *Eucalyptus tereticornis* (1,5 kg por árbol por año) sobre un suelo Hapludol típico. Además, el aporte de nutrientes (nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)) también fue superior en álamo respecto de eucalipto: 36,6 %, 91,6% y 69,9% superior en álamos, respectivamente (Singh et al., 1989).

El follaje verde de los álamos tiene buenos valores nutritivos por lo que es común ver al ganado vacuno comer con gran avidez las hojas de álamos provenientes de podas y son frecuentemente utilizadas como valiosos suplementos alimenticios (Ball et al., 2005; Mead, 2009). Las ramas jóvenes y las hojas poseen un elevado potencial forrajero y por su calidad nutricional y su palatabilidad, pueden constituir buenos suplementos de la base alimentaria en un sistema silvopastoril, mejorar la dieta del ganado en pastoreo y aportar un volumen de forraje en períodos de escasez (Mead, 2009; Carou et al., 2010b; Thomas 2011; Casaubon et al., 2012b). En varios países de Europa se utiliza como un componente regular de la alimentación del ganado (Benavidez et al. 2006). Sin embargo, dicha preferencia no es uniforme durante todo el período vegetativo del árbol, sino que disminuye considerablemente a mediados del verano y en otoño. Los valores de proteína bruta (PB) de las hojas tiernas de primavera duplican a los obtenidos en verano e inicios del otoño, mientras que la digestibilidad estimada (DE) aumenta su porcentaje en primavera y decrece a fines de verano (Tabla 1) (Casaubon et al., 2015).

Tabla 1. Valores promedios (\pm desvío estándar) de materia seca (MS), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad estimada (DE), fibra detergente neutro (FDN) y proteína bruta (PB) expresados en porcentaje (%) en hojas de *Populus deltoides* 'Australiano 106/60' originados de guías de uno, dos y tres años durante el período vegetativo.

Mes	MS%	FDA %	DE %	FDN %	PB %
Octubre	20,17 \pm 2,55 ^a	32,31 \pm 5,05 ^a	63,73 \pm 3,94 ^b	50,90 \pm 5,89 ^{ab}	30,26 \pm 2,07 ^a
Diciembre	36,59 \pm 1,04 ^b	27,65 \pm 3,39 ^b	67,36 \pm 2,64 ^a	48,71 \pm 2,69 ^b	15,71 \pm 2,44 ^b
Marzo	42,3 \pm 1,05 ^c	34,50 \pm 3,89 ^a	62,02 \pm 3,03 ^b	53,31 \pm 2,47 ^a	16,52 \pm 2,01 ^b

Las letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre meses.

Fuente: Casaubon et al., 2015.

Si se relacionan los valores nutricionales de las hojas y brotes tiernos de álamo en octubre, diciembre y marzo, con la mayor preferencia observada a campo en vaquillonas por estos materiales en primavera (% MS de 20,17%) e inicios del verano (% MS de 36,59%), y la disminución o ausencia de preferencia del ganado por dichas hojas observada a partir del mes de febrero, puede presumirse que dicho comportamiento podría estar relacionado con el mayor valor

nutritivo y calidad forrajera de las hojas tiernas de álamo de primavera e inicios del verano, y con la pérdida de calidad de los pastos, en esa época del año, en estado reproductivo (Casaubon et al., 2015) (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de macrominerales (calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y fósforo (P)) (\pm desvío estandard) en hojas de *Populus deltoides* 'Australiano 106/60' durante el período vegetativo.

Mes	Ca % (gr/100gr)	Mg % (gr/100gr)	K % (gr/100gr)	P (mg/kg)
Octubre	0,69 \pm 0,17 ^b	0,49 \pm 0,10 ^{ab}	1,95 \pm 0,24 ^a	500 \pm 123,34 ^a
Diciembre	1,09 \pm 0,37 ^a	0,45 \pm 0,14 ^b	0,96 \pm 0,31 ^b	183,64 \pm 21,49 ^b
Marzo	0,76 \pm 0,23 ^b	0,56 \pm 0,10 ^a	1,07 \pm 0,33 ^b	176,94 \pm 23,93 ^b

*Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre meses.
Fuente: Casaubon et al., 2015.*

Es probable que los elevados valores de proteína bruta (PB), fósforo (P) y potasio (K) registrados en las hojas y brotes tiernos de álamo en primavera (Tabla 3), así como la mayor digestibilidad estimada (DE), tengan también una relación directa con la mayor avidez del ganado vacuno por el follaje de álamo de primavera e inicios del verano. Analizando la composición mineral en hojas de álamo y sauce con interés nutricional para el ganado, Carou et al. (2010a) determinaron que dichos valores son mayores a los conocidos en gramíneas y similares a los informados para leguminosas forrajeras. En ambos géneros dichos valores nutricionales cubren los requerimientos en bovinos.

Todas estas particularidades determinan que el establecimiento de un SSP requiera estrategias de manejo que no se utilizan en las monoculturas tradicionales. La combinación del tamaño de árboles y la palatabilidad de su follaje puede determinar el éxito en la instalación del sistema, donde las especies forestales palatables como las Salicáceas requieran mayor protección que las no palatables (Eason et al., 1996; McAdams, 2003). En este sentido, el hecho de que los álamos posean hojas y ramitas tiernas muy apetecibles para el ganado (Lefroy et al., 1992; Taranaki, 2001) plantea un problema en la instalación de un SSP, que se refleja en un incremento en el costo de establecimiento (Carvalho et al., 2003). Además, la susceptibilidad de daño por parte de animales al fuste de los árboles implantados en un SSP se relaciona inversamente con la disponibilidad y calidad del forraje del sotobosque (Simón et al., 1998, Casaubon, 2013). El sauce comparte con el álamo las características descritas, así como suma la particularidad de propiedades antihelmínticas que se encuentran en estudio (Schapiro et al., 2016), pero principalmente el objetivo industrial planteado para los álamos de madera para aserrado y debobinado, hacen por ahora a los mismos como la especie principal a ser tenida en cuenta para su integración en sistemas silvopastoriles.

Material de plantación

El material de plantación proviene de los estaqueros, que tradicionalmente se inician con las estacas (luego cepas) plantadas a 50 cm y hasta 80 cm entre plantas y 1 m entre filas.

Para contar con mejores materiales de plantación y poder acelerar el ingreso de los animales a campo, se evaluaron distintos distanciamientos en estaqueros y utilizar guías de distintas edades. Los resultados obtenidos indican que los mayores distanciamientos ensayados en estaqueros (1 m x 1 m y 1,2 m x 1,2 m) produjeron las mejores guías de uno, dos y tres años de edad, con mayor diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, biomasa aérea, rectitud, conicidad y estabilidad del fuste (Casaubon et al., 2015). Con este material, se determinó que utilizando guías con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a los 6 cm es posible acelerar el ingreso del ganado de cría al sistema silvopastoril. Esto permitiría, además, producir anticipadamente madera de álamo para usos múltiples (Casaubon et al., 2015). Estos beneficios hacen que en los sistemas silvopastoriles del Delta se prefiera la utilización de guías de un año (a pesar del mayor costo que las estacas) ya que son plantaciones a mayores espaciamientos que las tradicionales, y con un objetivo maderero para aserrado y/o debobinado. En algunos casos se plantan guías de dos años, siendo excepcional plantar guías de tres años. Las mismas, dependiendo de las condiciones de crecimiento y edad pueden tener entre 3 y 8 m de altura como material de plantación y con muy buenos prendimientos (Borodowski et al., 2014; Casaubon et al., 2014).

Preparación del suelo y plantación

En sitios no endicados (habilitados por sistema abierto), se plantan sauces en los pajonales y álamos en los albardones. En cambio, en los sitios habilitados por sistema semicerrado o cerrado, mejoran las condiciones limitantes de los suelos del pajonal y esto permite el cultivo de álamo en los mismos. Bajo todos los sistemas de habilitación, las labores se inician con el manejo de la vegetación de los pajonales. En general, se realiza el aplastado del pajonal mediante el pasaje de rolos (la quema de la vegetación seca durante el invierno es una práctica menos recomendable). En los albardones, según el tipo de vegetación presente, se hacen limpiezas que incluyen la tala de la vegetación presente. Si es posible, se utilizan arados y rastras de discos. Una vez aplastado el pajonal, se plantan las guías manualmente o con máquinas plantadoras. Para plantar en los albardones se usan generalmente barretas plantadoras, en especial si el sitio no ha sido roturado.

El trabajo de preparación del suelo para la implantación del forestal, debe ser asimilado al de cualquier otro cultivo agrícola. Las especies forestales, así como los cultivos anuales, presentan mejor rendimiento y desarrollo en los mejores suelos. La plantación suele realizarse entre fines de invierno y principios de primavera, dependiendo del material de plantación, de la

fenología de los clones utilizados y de las condiciones térmicas e hídricas. La mejor época de plantación para las guías es desde la segunda quincena de julio hasta la primera de agosto.

Diseño y distribución de los árboles

Para la definición del diseño y distribución se debe considerar el objetivo de producción maderero y tener en cuenta que, a mayor espaciamiento de los árboles, mayor será la producción de forraje (Acciaresi et al., 1994; Cornaglia et al., 2011; Clavijo et al.; 2012). El diseño de las plantaciones en forma cuadrangular es el más recomendado, ya que es el que evita posibles "aovamientos" (circunferencia en forma excéntrica) de la madera. La madera de calidad (aserrado y debobinado) genera mayores ingresos y un mercado más seguro, aunque implique un turno de corta más largo. Para este tipo de objetivo, en general se recomienda amplios espaciamientos, principalmente en el caso que se planten en macizos (Tabla 3).

Tabla 3. Número de árboles por hectárea y área de incidencia individual en m² en función de la distancia entre plantas.

Espaciamiento	Área de incidencia	Nro. de árboles
5,00 m x 5,00 m	25,00 m ² /pl.	400 arb./ha
5,00 m x 6,00 m	30,00 m ² /pl.	333 arb./ha
6,00 m x 6,00 m	36,00 m ² /pl.	278 arb./ha
6,50 m x 6,50 m	42,25 m ² /pl.	237 arb./ha
7,00 m x 7,00 m	49,00 m ² /pl.	204 arb./ha

El distanciamiento de plantación ideal y el adecuado manejo de la densidad durante el ciclo forestal son aspectos importantes a tener en cuenta para el logro de un SSP eficiente. Los mayores distanciamientos son los más aconsejados para el desarrollo de un tapiz herbáceo más denso y productivo. Esto, si bien provoca una pérdida de volumen total, permite lograr mayores tamaños individuales de los árboles. Así, la óptima producción de pastos y de madera con objetivo de aserrado y debobinado se han encontrado con plantaciones realizadas con guías plantadas a 6 m por 6 m entre sí (278 arb./ha) como densidad definitiva durante todo el ciclo forestal. También se logran muy buenos resultados con plantaciones de guías a 5 m por 5 m (400 arb./ha) pudiendo realizarse raleos posteriores en función de priorizar la producción de pastos enriquecidos con siembra de especies forrajeras o no (Casaubon et al., 2015).

Una variante utilizada en otras regiones, aunque no desarrollada en el Delta, puede ser plantar tres filas, separadas 5,00 m entre sí y 3,00 m entre plantas (15 m²/pl.), luego dejar 20 m libres (tener en cuenta el ancho de labor de la maquinaria) y volver a plantar tres filas. En dicha plantación se puede incorporar una pastura o verdeo para posterior aprovechamiento, ya sea en

pastoreo directo y/o formación de reservas para momentos críticos. La formación de "reservas" se puede lograr a través de silaje (enterrado y/o semienterrado), de henificar, enfardar, etc.

Manejo silvicultural

El establecimiento de un sistema silvopastoril requiere de estrategias de manejo forestal diferentes a aquellas plantaciones tradicionales. El diseño y la distribución de los árboles definirán, como se vio en apartados anteriores, el crecimiento forestal individual y del rodal, y en consecuencia el desarrollo del componente herbáceo debajo de los mismos. A bajas densidades forestales planteadas (200 a 400 árboles por ha) no se vieron limitantes importantes en el desarrollo de los pastos hasta el turno de corta. Para espaciamientos menores, como 4 m x 4 m (625 pl./ha) se recomienda la realización de raleos (reducción de la densidad de árboles mediante la corta de algunos de los mismos) con el objetivo de lograr un balance entre el crecimiento del rodal y el crecimiento individual de los árboles (Fernández Tschieder et al., 2011), permitir el ingreso de luz al sotobosque (Acciaresi et al., 1993; Signorelli et al. 2011) y promover la instalación y crecimiento de un estrato herbáceo de valor forrajero y mayor productividad (Cornaglia et al., 2011; Clavijo et al., 2012). Densidades de plantación mayores a las propuestas, como 3 m x 3 m (1.111 árb./ha), requerirían intensos raleos durante el desarrollo del rodal, por esto no son tradicionales en planteos silvopastoriles. Se recomienda llegar al turno de corta con 200 a 300 plantas por hectárea.

En una plantación comercial de álamo (*Populus deltoides*) de 400 arb./ha utilizada como testigo, se evaluaron dos tratamientos de raleo de árboles, de un 30% y de un 60% de raleo del área Basal (AB). Con el uso de fotografía hemisférica se describió la fracción de la radiación que llegaba al sotobosque de la plantación y describieron la estructura del canopy. En otoño, con los árboles sin follaje, los tratamientos raleados fueron más parecidos entre sí en relación a la transmisión de luz hacia el suelo respecto del testigo (no raleado), mientras que en primavera cuando la cobertura está determinada por el follaje, el testigo y el tratamiento de raleo de 30 % del AB presentaron índice de área foliar (IAF) y porcentaje de transmisión de luz hacia el suelo similar, en tanto que el tratamiento del 60 % del AB presentó menor IAF y mayor porcentaje de transmisión de luz que los anteriores (Signorelli et al., 2011). Respecto del crecimiento del rodal, luego de tres años de aplicados los tratamientos, el raleo intenso permitió aumentar el crecimiento en diámetro de los árboles (2,1 vs. 1,3 cm. año⁻¹) pero con una disminución del crecimiento en volumen (16,2 vs. 27,5 m³. ha⁻¹. año⁻¹) y del volumen acumulado (206 vs. 247 m³. ha⁻¹) (Fernández Tschieder et al., 2011). El raleo y la incorporación de semillas (Pasto ovillo) mejoraron sinérgicamente la composición, producción y estabilidad forrajera del sotobosque. (Cornaglia et al., 2011; Clavijo et al., 2012; Clavijo et al., 2017).

La poda es una práctica de manejo silvicultural que se realiza habitualmente para mejorar la calidad de la madera, así como la llegada de luz al suelo. La misma se realiza preferentemente en primavera-verano para minimizar la aparición de brotes epicórmicos en el

fuste del árbol. La altura de poda es variable, en los mejores sitios de plantación puede alcanzar hasta el 50% de la altura total del árbol, y en los sitios buenos, hasta el 30% de la altura total para no ocasionar una merma significativa en el incremento volumétrico anual de volumen del árbol. Cuando se poda hasta la mitad de la altura total del árbol, en los buenos sitios de plantación son suficientes sólo dos intervenciones, mientras que cuando se poda hasta el primer tercio, se necesitan 3 intervenciones para liberar los primeros 7 metros de ramas en el fuste (Casaubon et al., 2005a).

La poda de las ramas debe ser realizada al ras del árbol pero evitando lesionar la corteza, se utilizan tijeras o serruchos, así como motosierras livianas. Es importante considerar que la combinación de bajas densidades forestales con sitios fértiles puede resultar en grandes ramas, especialmente si la poda es retrasada. Por lo cual es importante respetar los momentos oportunos y la intensidad para esta actividad, los cuales generalmente serán más frecuentes y de mayor intensidad con respecto a la actividad forestal exclusiva. La altura total de poda será función de la calidad de trozas libres de nudos deseadas y el turno de corta. El plan de poda debe respetar el tamaño de copa mínimo para no afectar en demasía el crecimiento de la planta.

Tala rasa

Para los álamos, la *tala rasa* (corta al finalizar el turno productivo) se realiza entre los 10 a 15 años de edad, cuando el diámetro promedio alcanzado por los árboles sea el establecido en el objeto maderero. El objetivo forestal de los productores que realizan sistemas silvopastoriles, principalmente es obtener madera de mayor calidad (plantas de más 40 cm de diámetro, podadas, con rollos rectos y sanos) para el aserrado y/o debobinado en el menor tiempo y con el menor costo posible. Los clones de *Populus* y *Salix* utilizados ofrecen una madera cuya blancura es apropiada para estos objetivos. Suárez y Borodowski 1999 presentaron rendimientos en álamos plantados a una densidad original de 278 pl./ ha (6,0 m x 6,0 m) sin realizar raleos posteriores y a un turno de corta de 15 años de 317 t/ha. De estos, el 79 % se destinó para debobinado (diámetro de 21 cm para arriba), un 11 % para aserrío (diámetro de 14 a 21 cm para arriba) y un 10 % para triturado (diámetro de 7 a 14 cm para arriba). Luego de la tala rasa es apropiado el manejo de la hacienda vacuna en ese rodal durante dos años a efectos de favorecer la desaparición de los "tocones". El continuo ramoneo del ganado sobre los rebrotes impide el nuevo desarrollo de las cepas remanentes. Otra forma es, a través del control de los rebrotes en forma mecánica o con herbicidas, principalmente si se realiza una nueva plantación en el mismo sitio. En sistemas silvopastoriles no se realiza el manejo de rebrotes para reiniciar ciclos forestales.

Componente forrajero

Las comunidades vegetales que se encuentran en el sotobosque de plantaciones de Salicáceas de la región presentan una elevada biodiversidad con un alto número de gramíneas, herbáceas, etc. (Kandus y Malvarez, 2004). En los sectores de albardón y en los terrenos altos y medios altos endicados se manifiesta una mayor riqueza específica que en los sectores bajos (Casaubon et al., 2015b). Es frecuente el crecimiento de numerosas especies de interés forrajero de gramíneas anuales y perennes como *Bromus catharticus*, *Phalaris angusta*, *Lolium multiflorum*, *Leersia hexandra*, *Panicum* sp., *Poa* sp. y de leguminosas como *Trifolium repens*, entre otras (Casaubon et al., 2005a, b; Rossi et al., 2006).

Las especies forrajeras de mayor abundancia-dominancia del pastizal natural tienen buenos contenidos de proteína bruta (PB) y en un estudio de 15 especies forrajeras estudiadas, 14 de ellas superaron el valor crítico del 7% de PB, considerado como límite en contenido de nitrógeno (N) en la dieta de bovinos (Rossi et al., 2012). El raigrás anual (*Lolium multiflorum*), es una gramínea forrajera exótica naturalizada muy abundante cuyos valores de calidad nutricional son similares a las especies nativas del Delta del Paraná: digestibilidad de lámina de 60,3 a 76,6% y proteína bruta de lámina de 7,5 a 14,6% (en estado reproductivo y vegetativo, respectivamente) (González et al., 2008). Bajo las plantaciones forestales se encuentra una cobertura herbácea que no supera el 50% del suelo (Rossi et al., 2006; Clavijo et al., 2005) y a un 20%, especialmente en plantaciones adultas o muy densas, debido a la sombra del dosel (Cornaglia et al., 2009; Clavijo et al., 2010).

El álamo (*Populus deltoides*), es una especie forestal caducifolia que genera una ventana temporal libre de hojas durante el otoño e invierno que permite sostener crecimiento vegetal de un sotobosque de especies herbáceas de valor forrajero, nativas y cultivadas (Casaubon et al., 2005b; Rossi et al., 2006; Pincemin et al., 2007). Si bien esta combinación de especies de árboles caducifolios y forrajeras invernales permite complementariedad en los ciclos productivos (Monlezun et al., 2008; Nordenstahl et al., 2011; Monlezun et al., 2013), el sombreado de los árboles afecta directamente la productividad de las especies subyacentes (José et al., 2004; Peri et al., 2007) y la caída de las hojas senescentes de álamo en otoño representa una barrera física para el re-establecimiento de las especies anuales (Cornaglia et al., 2009; Clavijo et al., 2010). El control de la apertura del canopy arbóreo y la incorporación de gramíneas forrajeras templadas como pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) mejoraron sinérgicamente la composición, producción y estabilidad forrajera del sotobosque (Cornaglia et al., 2011; Clavijo et al., 2012; Clavijo et al., 2017) (Figura 2).

Figura 2. Ensayo de especies forrajeras (*Bromus unioloides*, *Lolium multiflorum*, *Avena sativa* [dos cultivares], *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea*) bajo plantación de *Populus deltoides*.



Fuente: Borodowski, 2006.

También, en aquellas situaciones donde se encontraban grandes cantidades de hojas de los árboles cubriendo el suelo, prácticas para disminuir esta cobertura por las hojas senescidas mejoraron la presencia de especies forrajeras bajo las plantaciones (Cornaglia et al., 2009; Clavijo et al., 2010). El pasaje de un implemento corriendo o incorporando las hojas secas en el suelo, fueron de gran beneficio para promover la presencia de pastos. También, el manejo del rodeo es sumamente importante para la composición y estructura del pastizal. Segundas rotaciones forestales en Nueva Zelanda fueron fuertemente infestadas por "pampas grass" (*Cortaderia* spp.) y el control por pastoreo vacuno probó ser más efectivo y barato que por herbicidas (Meads, 2013).

El sombreado, asociado a cambios en la intensidad y la calidad de luz que llega al estrato herbáceo debajo del dosel arbóreo, difiere en el tiempo y en el espacio y depende principalmente de las características de la plantación forestal y de la estación del año. Bajo estas condiciones lumínicas, las plantas suelen expresar mecanismos de evasión al sombreado, incremento en la elongación de entrenudos, reducción de la relación hoja: tallo e incremento de la relación aéreo:radical (Ballaré et al., 1990). Éstos representan un incremento en la proporción de carbono particionado hacia tejidos aéreos; ventajosos porque permiten mejorar la competencia por luz, aunque se podría perjudicar la persistencia de las especies en estos sistemas al restringir el crecimiento radical. Estas modificaciones en la partición de la biomasa demandarían cambios en el manejo de la defoliación bajo condiciones de sombreado (Gatti et al., 2011). Por lo tanto, se

debe ser muy cuidadoso sobre cómo manejar su defoliación en estos sistemas sombreados según la composición florística del estrato herbáceo para procurar maximizar la productividad aérea y la persistencia (Figura 3).

Figura 3. Plantación de *Populus deltoides* de 5 años a distanciamiento original de 4 m x 3,6 m con raleo selectivo (aprox. 30 % del área basal) realizado el año anterior y promoción de pastos por corrimiento de las hojas senescentes



Fuente: Borodowski, 2006.

Componente ganadero

Tipo de animal

Para los sistemas silvopastoriles de la región se recomiendan las razas británicas como Aberdeen Angus y Hereford (Figura 4). Es posible aprovechar el vigor híbrido, con cruza de Hereford y Aberdeen Angus, por ejemplo, con estos sistemas se obtienen más del 90 % de terneros al destete, un animal con "mayor vigor híbrido", buen peso al destete y un rápido crecimiento (Suárez y Borodowski, 1999).

La casi totalidad de los terneros nacen en las islas, de manera que están adaptados a la región y no presentan problemas sanitarios, esto se refleja en el resultado final. El conocimiento del origen de la hacienda confiere al producto final una calidad diferencial certificable que lo posi-

ciona favorablemente frente a los mercados consumidores de la región y del mundo (Casaubon et al., 2012a). El principal destino actual de la producción es el mercado nacional. Los terneros y novillitos del Delta, son considerados de gran calidad carnicera y presentan cualidades que los hacen pasibles de ingresarlos de manera casi directa en algún sistema de certificación de productos naturales o protocolo de calidad, como Norma Orgánica, Carne a Pasto, Denominación de Origen, etc. (González et al., 2006).

Figura 4. Plantación de *Populus deltoides* con ganadería y pasto natural



Fuente: Borodowski, 2009.

Tipo de actividad

La caracterización de la cantidad y calidad del forraje y del tipo de animal objetivo de la producción es de suma importancia para el desarrollo ganadero en esta región. Actualmente, los sistemas productivos predominantes son la invernada en el Delta Medio y Superior (1.400.000 ha) y la cría y ciclo completo Delta Inferior (350.000 ha). Las proporciones de estos sistemas están muy ligadas a las características medioambientales del humedal y socioeconómicas del productor (PTR, 2009). En la zona núcleo forestal, si bien la cría y la invernada resultarían actividades con costos de producción muy bajos, dado que el recurso básico de la alimentación lo constituyen los pastizales, por lo que en general, se opta por la cría como actividad principal ya que requiere una dieta de mantenimiento más que de engorde. Además, es una categoría más pacífica, camina menos y esto es una ventaja para su manejo, por lo cual la vaca de cría resulta más adecuada para desarrollar la ganadería silvopastoril. La abundancia de pastos tiernos,

con un alto valor nutritivo, de bajo porcentaje de materia seca, y elevada degradabilidad para balancear sus requerimientos nutricionales (PTR, 2009) restringe el consumo, esto puede afectar y retrasar la duración del período de engorde sobre todo en los planteos de invernada, por ello es muy importante la planificación y combinación de los pastoreos bajo las plantaciones con los pastizales a cielo abierto adyacentes.

Manejo del rodeo

En general, las explotaciones agropecuarias de la región combinan una proporción variable de áreas sin forestar con áreas forestadas de diferentes edades, por lo cual existe un gradiente de cobertura de árboles (pastizal-forestación) (Borodowski, 2006; Casaubon et al., 2016); de esta manera, el ganado no pastorea exclusivamente bajo plantaciones, sino que alterna con pastoreos en pastizales. El inicio del pastoreo bajo plantaciones en etapas tempranas de la misma puede ocasionar daños a las plantas jóvenes a través del ramoneo, pisoteo, descortezado, quebraduras o vuelco, estos son efectos directos del ganado sobre los árboles (Casaubon et al., 2015). El daño se refleja en una mayor mortalidad de árboles, pérdida de calidad del fuste, o menor crecimiento por defoliación. La decisión de la edad de ingreso de los animales puede variar dependiendo del crecimiento inicial de los árboles (calidad de sitio), de los materiales de propagación utilizados y de la disponibilidad de forraje en volumen y calidad. El productor debe balancear el perjuicio de enfrentar mayor daño al inicio de la plantación, con los beneficios derivados por la reducción de los costos de control de malezas y el mayor potencial de producción animal de los primeros años, cuando el forraje es abundante. Por otra parte, la selección de la especie animal o el tipo de producción ganadera permite regular los niveles de daño directo. Asimismo, el hábito alimenticio de vacunos en comparación con caprinos o equinos resulta en menores niveles de daño en los árboles. A su vez, el mayor tamaño y peso de los toros, en comparación con el de los terneros en desarrollo, puede resultar en diferencias en los daños por vuelco, quebramiento o compactación del suelo que afecta el crecimiento de los árboles (Somarriba, 1997).

En el sistema tradicional, con densidades de plantación iguales o superiores a las 625 plantas por hectárea, muchos productores ingresan los animales al 4°, 5° o 6° año de edad de la plantación; el ganado vacuno permanece en el sistema mientras haya forraje disponible, posiblemente hasta el noveno o décimo año de edad de la forestación (depende de la calidad de sitio). Con distancias entre plantas y entre filas mayores, como 400 árboles por hectárea (5 m x 5 m) y 278 árboles por hectárea (6 m x 6 m), y materiales de plantación de mayor calidad, el ingreso del ganado vacuno al sistema puede ocurrir al primer o segundo año permaneciendo períodos mayores que en los distanciamientos más estrechos (Casaubon, 2013). El servicio natural a campo es estacionado, durante la primavera y las pariciones se producen durante el invierno siguiente.

Carga animal

En ganadería, la carga animal se expresa en equivalentes vaca (E.V.). Se entiende equivalentes vaca (E.V.) como el promedio anual de los requerimientos diarios de una vaca de 400 kg de peso que geste y cría un ternero hasta el destete a los 6 meses de edad con 160 kg de peso, incluido el forraje consumido por el ternero, o también se puede decir que son los requerimientos novillo de 410 kg de peso que aumenta 500 gramos por día (Cocimano et al., 1975). Es importante trabajar con tablas de E.V. para las distintas categorías, dado que los vacunos necesitan consumir un determinado volumen y calidad de forraje de acuerdo con su edad, categoría animal (ternero, vaca, novillo, toro) peso, estado, sexo, etc. Los requerimientos de materia seca (M.S.) por día de un vacuno para su evolución alcanzan el 2,5 ó 3% de su peso vivo aproximadamente. Si consideramos que los pastos tienen normalmente un 15 a 20 % de M.S., el consumo de 1 E.V. está aproximadamente en 10 kg de pasto (en % de MS). A esto hay que sumarle unos 30 a 100 litros de agua por día. La variación en el consumo de agua está dada por las condiciones ambientales. En los establecimientos del Delta, por la presencia de las zanjas, el ganado consume el agua de bebida directamente de las mismas, teniendo que prever el fácil acceso de los animales al agua y evitar la destrucción del sistema de drenaje. Para un potrero del Delta, luego de producida la salida del agua (sistematización) se puede considerar que admite una carga animal que varía entre 0,2 y 0,5 EV/ha. La misma es muy heterogénea y está muy relacionada con la disponibilidad de forraje natural en el predio. La producción ganadera se estima entre 70 y 100 kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Casaubon, en Peri, 2012).

La carga animal (E.V.) dependerá de la densidad de la plantación (árboles/ha), del género implantado, del tipo de animal (vaca, novillo, etc.), del manejo y del forraje. Aquí será más que necesario manejar con mayor precisión la carga animal (E.V.) ya que se puede dar el manejo de los animales en distintas situaciones, como ser aprovechando el forraje natural que se va desarrollando en el sotobosque, y/o aprovechando el forraje natural mejorado en calidad a través de la intersiembra y/o consumiendo una pastura artificial y/o verdeos realizados cuando los árboles aún no tienen gran desarrollo (avena).

La heterogeneidad florística y por ende la variación estacional de la producción forrajera de los distintos sitios de uso ganadero determina una receptividad ganadera variable en los sitios y en el tiempo. Por ello es importante realizar la división del campo en áreas con vegetación homogénea. Una herramienta de importancia para el manejo es la utilización del alambrado eléctrico. La realización de pastoreo rotativo es lo mejor para no producir compactación del suelo y manejar correctamente la/s especie/s forrajera/s. Clavijo et al., 2014 estimaron para el Bajo Delta los niveles de receptividad mínimos y máximos (en animales por hectárea) para pastizales y bajo plantaciones de álamo con pastizal natural o enriquecidos con la siembra de pasto ovillo (*Dactylis glomerata*). Los resultados encontrados para el pastizal natural fueron de 0,25 en otoño a 3,42 en primavera; de 0,3 en invierno a 2,07 en primavera para pastizales enriquecidos con pasto ovillo bajo plantaciones de álamo y para pastizales sin enriquecer bajo plantaciones de álamo de 0 en otoño a 1 en primavera. La variabilidad en los valores de receptividad

ganadera encontrada entre pastizales naturales sin forestar podría explicarse principalmente por la presencia o no de especies invernales anuales, fundamentalmente raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.). Bajo forestaciones, las diferencias se explicarían por la presencia del pasto ovillo en los enriquecidos y por la ausencia de especies forrajeras perennes en los no enriquecidos con la siembra de semillas. Estas diferencias, demandan la planificación estratégica y diferencial del manejo del pastoreo para garantizar una producción ganadera eficiente en cada planteo silvopastoril de la región (Clavijo et al., 2014).

Plan sanitario

La topografía y los ríos de la región sirven como barrera de contención al ingreso de enfermedades infectocontagiosas y parasitarias en el rodeo. Pero se deben extremar los cuidados para evitar el ingreso de las mismas y con las ya presentes, como garrapatas. El plan sanitario debe respetar los calendarios veterinarios determinados para el mejor manejo y mínimamente considerar las prácticas ya establecidos de vacunación por aftosa, mancha - gangrena (vacunación a los terneros/as en el momento del destete), brucelosis - tuberculosis (obligatoria), venéreas (en toros), parásitos (para todos, internos y externos) y mosca de los cuernos.

Impactos ambientales e interacciones de los componentes forestal, forrajero y ganadero

Las condiciones naturales del Delta, conforman un microclima ideal para el desarrollo de un recurso forrajero natural de alta calidad, favoreciendo la longevidad de los vientres de cría y el estado de comercialización de la vaca de rechazo. La temperatura a la sombra del árbol es inferior a la de cielo abierto y conforma un microclima muy favorable para el ganado que se evidencia en su comportamiento. Durante los días soleados bajo las copas de los árboles, la temperatura superficial del suelo puede aumentar de 8 a 12°C a media tarde y permanecer casi constante (1,5 a 2°C) en sitios sin sombra, dependiendo de los niveles de agua del suelo (Feldhake, 2001).

En sistemas silvopastoriles la complementariedad en el uso de los recursos entre las especies herbáceas y el componente leñoso es clave para su éxito. En el caso de las Salicáceas, esto se puede ver favorecido si se complementa el hecho de ser árboles que pierden el follaje en el invierno con la utilización de forrajeras que posean una fenología que aproveche mejor los recursos disponibles. La presencia de gramíneas perennes que contribuyen a la sustentabilidad del sistema, tienen una mejor función ecosistémica que las anuales (Garden y Bolger 2001, Lazenby y Tow 2001). Tienen un sistema radical más profundo que el de las anuales por lo que realizan un uso más eficiente del agua y capturan nitratos desde estratos profundos; esto disminuye la salinización y acidificación de los suelos (Kemp et al., 2000, Kemp y King 2001) al controlar mejor su lixiviación (Garden y Bolger 2001). También presentan menor variabilidad productiva a lo largo del año y proveen una más completa cobertura del suelo que reduce la invasión de malezas (Kemp et al. 2000, Lazenby y Tow 2001).

La presencia del ganado en el sistema, puede ser un aporte significativo de materia orgánica, así como un mayor ciclado de nutrientes, por las deyecciones de los animales. Sin embargo, cuando la carga animal supera a la capacidad de carga, se desencadenan procesos de deterioro que afectan a todos los componentes del sistema. El pastoreo excesivo (en intensidad y frecuencia) puede conducir a la degradación de la vegetación, provocando la reducción de las especies forrajeras deseables, un aumento de las menos apetecibles para el ganado y la pérdida de cobertura vegetal. Dejar el suelo desnudo provoca erosión, deterioro de su fertilidad y estructura, el pisoteo ejerce una presión mecánica sobre el suelo, especialmente en aquellos sitios donde se realiza con mayor frecuencia, por ejemplo en caminos, lugares donde el ganado toma agua, sitios de descanso, etc. Con la compactación superficial del suelo aumenta su densidad, disminuye la porosidad y la velocidad de infiltración del agua. La presencia de suelos compactados reduce la producción forrajera y afecta negativamente la coexistencia del ganado con la fauna, porque aumenta la competencia por la vegetación o el agua. Los recursos acuáticos también se ven afectados debido al aumento de sedimentos. La erosión puede causar pérdida severa de fertilidad cuando la capa superficial del suelo es removida o arrastrada por el agua. La escorrentía arrastra finas partículas de suelo y de materia orgánica, causando pérdida de suelo y de nutrientes, la contaminación del agua por sólidos en suspensión y la deposición de sedimentos.

Prácticas tradicionales, como la “quema” de pajonales principalmente en sistemas ganaderos, suelen utilizarse para controlar la vegetación no deseada y la maleza alta, para eliminar hierbas y plantas poco apetecibles y favorecer el crecimiento de las plantas más palatables, digeribles y nutritivas para el ganado. Sin embargo, no son utilizados en zonas de plantaciones pues pueden dañar la forestación, la vegetación y los suelos y puede causar mayores niveles de erosión. También la utilización de productos químicos para controlar plagas y enfermedades, o herbicidas para el control de las malezas cuando se prepara el terreno de plantación puede producir un impacto ambiental negativo, ocasionando problemas de contaminación del agua con efectos negativos para el ganado, la fauna, las fuentes de agua (superficiales y freáticas) y la vegetación. Por eso, las técnicas de manejo recomendadas para aumentar la productividad y controlar la erosión son: la intervención mecánica y física con respecto al suelo o la vegetación y otras técnicas de conservación del suelo y el agua. Incrementar el número de fuentes de agua ubicándolas estratégicamente y mantener cubierto el suelo con vegetación herbácea nativa y/o la siembra de forrajeras tolerantes al sombreado pueden reducir la erosión del suelo. Es fundamental estimar la capacidad de carga de cada situación particular y ejercer un control del pastoreo que garantice el uso adecuado y el equilibrio entre los componentes de los SSP.

Además, la presencia de ganado en forma simultánea con la forestación posibilita la diversificación de la producción de la empresa, reduciendo los factores de riesgo biológico y de mercado, así como flexibilizan la distribución del trabajo durante el año, haciendo un uso completo y estable de la mano de obra del establecimiento. Estos resultados positivos de la actividad silvopastoril además podrían complementarse con mecanismos de certifica-

ción del tipo de “ganadería carbono neutro”, donde la forestación compensa las emisiones de gases con efecto invernadero del ganado.

Resultados económicos y productivos

Cornaglia et al., 2019 evaluaron los resultados económico productivos de distintos establecimientos de la región del Delta del Paraná donde se desarrollan sistemas silvopastoriles (SSP) con distintos niveles de integración e intensificación de la actividad forestal y ganadera con el fin de determinar el nivel óptimo de integración del componente ganadero. Evaluaron tres escenarios productivos: a) predominancia de actividad forestal b) predominancia de actividad ganadera (cría y/o ciclo completo) y c) un escenario intermedio y utilizaron el indicador de Valor Actual Neto (VAN) para el análisis económico y un análisis de sensibilidad de costos e ingresos. En todos los establecimientos evaluados, para la alimentación del rodeo, el componente forrajero se basó en campos naturales de gran diversidad florística y calidad forrajera y además, algunos realizaron rollos e incorporaron ocasionalmente otros recursos forrajeros. La actividad forestal se basa en plantaciones de álamos a densidades entre 278 arb./ha a 400 arb./ha, con objetivo productivo de madera principalmente para aserrado y parte para triturado.

Los resultados obtenidos en los indicadores reproductivos y productivos de la actividad ganadera de los establecimientos evaluados fueron del 80 a 94 % para el porcentaje de preñez, del 63 a 82 % para el porcentaje de destete y producción de carne de 71,5 a 245 kg/ha. Los indicadores reproductivos como los porcentajes de preñez y de destete son muy buenos y aceptables al ser comparados con los valores de referencia a nivel nacional: 73 % de preñez y 62 % de destete (INTA Balcarce, 2017). Con respecto a la producción de carne, en términos generales, es muy buena en todos los casos, y es comparable con la de productores de avanzada. Las cargas ganaderas para estos mismos establecimientos variaron de 0,29 a 0,7 EV, de bajas a muy buenas.

Con respecto a los resultados económicos evaluados a través del Valor Actual Neto (VAN), comparando la actividad forestal, la actividad ganadera y su combinación, en todos los casos la actividad forestal sola arrojó resultados positivos y elevados. La actividad de cría por sí sola no era rentable en algunos establecimientos, mientras en otros sí, ocurriendo algo similar con la actividad invernada sola. Pero si se combina la forestación con la actividad ganadera, bajo un sistema silvopastoril, todos los planteos arrojan una tasa de rendimiento positiva con respecto a la ganadería tradicional. La integración de las actividades ganadera y forestal (sistema silvopastoril) resultó la mejor alternativa productiva, en contraposición a la realización de dichas actividades de forma independiente.

La combinación de las actividades forestal y ganadera aporta mayor estabilidad productiva y económica al asegurar un ingreso anual por parte del componente ganadero y un ingreso a mediano y/o a largo plazo por parte del componente forestal. Además, el aumento del capital circulante proveniente de una mayor diversificación en la producción permite obtener productos

con diferente momento de maduración y escala de tiempo y operación, y reducir los riesgos inherentes al mercado.

Conclusiones

No existen factores limitantes para las actividades ganadera y forestal bajo las condiciones de la región del Delta del Paraná. Los SSP, al combinar la producción ganadera con la forestación, permiten obtener una producción más intensiva y diversificada con ingresos a corto, mediano y largo plazo porque reducen riesgos, prorratan gastos fijos, y generan más y mejores puestos de trabajo. El diseño, la planificación y el manejo de estos sistemas son fundamentales para asegurar la sustentabilidad ambiental.

Referencias

- Acciaresi H., Marlats R.M., Marquina J.L.. (1993). Sistemas silvopastorales: incidencia de la radiación fotosintéticamente activa sobre la fenología y la producción estacional forrajera. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.*: 2 (1), 19-30.
- Acciaresi H., Ansín O.E., Marlats R.M.. (1994). Sistemas silvopastoriles: efectos de la densidad arbórea en la penetración solar y producción de forraje en rodales de álamo (*Populus deltoides* Marsh.). *Agroforestería en las Américas*, año 1, nro. 4, pp. 6-28.
- Ball J., Carle J., Del Lungo A.. (2005) Contribución de álamos y sauces a la silvicultura sostenible y al desarrollo rural. *Unasyva* 56(221):3–9
- Ballaré C.L., Scopel A.L., Sánchez R.A.. (1990). Photocontrol of stem elongation in plant neighbourhoods: effects of photon fluence rate under natural conditions of radiation. *Plant Cell Environ* 14:57–65
- Benavides J.. (2006). Árboles forrajeros en América Central. In Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería con Rumiantes menores. Memorias. Conferencias Magistrales. San José de Costa Rica.
- Bonfils C.. (1962). Los suelos del Delta del Río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. *Revista de Investigación Agrícola*. INTA. T.XVI, N°3. Buenos Aires Argentina
- Borodowski E.. (2006). Álamos y sauces en el Delta del Paraná: situación del sector y silvicultura. En: Jornadas de Salicáceas. Buenos Aires, Argentina.
- Borodowski E.D., Signorelli A., Battistella A.. (2014). Salicáceas en el Delta del Paraná: situación actual y perspectivas. Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 18 al 21 de marzo de 2014. Disertación. ISSN 1850-3543 (Actas en CD). (#)

- Borodowski E.D.. (2017). Situación del cultivo y uso de las Salicáceas en Argentina. Quinto Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, Chile. 13 al 17 de noviembre de 2017. Disertación. 20 págs. ISSN 1850-3543 (Actas en CD).
- Burkart A.. (1957). Ojeada sinóptica sobre la vegetación del Delta del Río Paraná. *Darwiniana* 11: 457-561.
- Carou N., Casaubón E., De Loof E., Bajerski R., Rossi C., González A., González G., Dallorso M.. (2010a). Contenido estacional en macro y microminerales del pastizal natural de un sistema silvopastoril con álamos y sauces. 33° Congreso Argentino de Producción Animal. Comarca Viedma Patagones. Río Negro. *Rev Argent Prod Anim* 30(1):234
- Carou N., De Loof E., Casaubón E., González A., Dallorso M.. (2010b). Mineral composition of willow and poplar leaves of nutritional interest for cattle in silvopastoral systems at the delta of the Paraná River, Argentina. *Rev Livest Res Rural Dev* 22, N°1. ISSN 0121-3784. www.lrrd.org/lrrd22/1/cont2201.htm
- Carvalho M., Castro C., Yamaguchi L., Alvim M., Freitas V., Ferreira X.. (2003). Two methods for the establishment of a silvopastoral system in degraded pasture land. *Livest Res Rural Dev* 15(12). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/12/carv1512.htm>
- Casaubon E., Gurini L., Cueto G., Gomez L., Zanelli M., Berrondo G., González A.. (2004). Caracterización estacional de una plantación de *Populus deltoides* cv Catfish 2 en el Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (ARGENTINA). *Investigación Agraria. Sistemas Recur. Forestales* 13(2):369–385
- Casaubon E., Cueto G., González A., Spagarino C., Ortiz S.. (2005a). Resultados preliminares de dos ensayos orientativos de épocas de poda en *Populus deltoides* cv. Stoneville 67 en el bajo delta bonaerense del Río Paraná. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes.
- Casaubon E., Gurini L., Cueto G., Arano A., Torrá E., Corvalán G., González A., Ortiz S.. (2005b). Evaluación del efecto de diferentes labores culturales en un sistema silvopastoril de álamo en el bajo delta bonaerense del Río Paraná. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes.
- Casaubon E., Arano A., Tassano Viaña J.. (2012a). Manual de buenas prácticas silvopastoriles para obtención de madera de álamo de calidad para usos múltiples y de ganado de carne bovina en el delta inferior del río Paraná. Versión 1. EEA Delta del Paraná
- Casaubón E., Peri P., Cornaglia P., Carou N., Cueto G.. (2012b). Valor forrajero de hojas de álamo en el bajo delta del Río Paraná. *Proceedings of the 2nd National Congress of Silvopastoral Systems*, INTA Editions, Santiago del Estero
- Casaubon E.. (2013). Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles: Efecto de la edad del material de multiplicación y manejo del pastoreo con bovinos. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales.
- Casaubon E., Gurini L., Cueto G., Gomez L., González A.. (2013). Caracterización de sitios forestales para *Salix babylonica* x *Salix alba* “Ragonese 131/27 INTA” en el delta bonaerense del Río Paraná. Cuarto Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú

- Casaubon E., Peri P., Cornaglia P., Cueto G.. (2014). Establishment of silvopastoral systems in poplar in the delta of the Paraná River (Argentina). World Congress on Agroforestry, Delhi.
- Casaubon E., Cornaglia P.S., Peri P.L., Gatti M.L., Clavijo M.P., Borodowski E.D., Cueto G.R.. (2015). Silvopastoral Systems in the Delta Region of Argentina. Cap. 3, pags. 41-62. In: *Silvopastoral Systems in Southern South America. Advances in Agroforestry*, Vol. 11, Peri P.L., Dube F. & A. Varella. (Eds). Book Series, Springer, Dordrecht, The Netherlands. 270 pp. ISBN 978-3-319-24109-8. <http://www.springer.com/us/book/9783319241074>
- Cerrillo T.. (2010). El sauce: Potencial forestal y aptitud tecnológica de la madera. Jornada técnica sobre el sauce. EEA Delta del Paraná.
- Clavijo M., Nordenstahl M., Gundel P., Jobbágy E.. (2005). Poplar afforestation effects on grassland structure and composition in the Flooding Pampas. *Rangel Ecol Manag* 58:474–479
- Clavijo M., Cornaglia P., Gundel P., Nordenstahl M., Jobbágy E.. (2010). Poplar Litterfall limits tall fescue plant recruitment in silvopastoral systems in Flooding Pampa, Argentina. *Agrofor Syst* 80:275–282
- Clavijo M.P., Cornaglia P.S., Rodríguez D.A., Signorelli A., Borodowski E.. (2012). Manejo del raleo y siembra de exóticas en sistemas silvopastoriles del delta del Paraná. 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Santiago del Estero, 9 al 13 de mayo de 2012. Pág. 110-115. ISBN 978-987-679-123-6.
- Clavijo M.P., Cornaglia P.S., Rodríguez D.A., Signorelli A., Borodowski E.. (2014). Receptividad ganadera de pastizales naturales y de sitios bajo forestaciones de álamo en sistemas silvopastoriles del Delta del Paraná. Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 18 al 21 de marzo de 2014. Comunicaciones. 4 Págs. ISSN 1850-3543 (Actas en CD). (#)
- Clavijo M.P., Cornaglia P.S., Battistella A., Borodowski E.. (2017). Floristic enrichment of the understory increases forage production and carrying capacity of temperate silvopastoral systems. *Agroforestry Systems*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0164-8>. Publisher Name: Springer Netherlands. Print ISSN 0167-4366. Online ISSN 1572-9680. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-017-0164-8#citeas>. First Online: 07 December 2017. PP: 1-8
- Cocimano M., Lange A., Menvielle E.. (1975). Estudio sobre equivalencias ganaderas. *Producción Animal*, Bs. As., Argentina, 4:161-190.
- Cornaglia P., Zunino H., Monlezun S., Pincemin J., Clavijo M., Borodowski E.. (2009). Silvopastoral systems under poplars: effect of cover of fallen tree leaves in initial growth of cool temperate grasses. XIII Congreso Forestal Mundial (WFC), 19 al 23 de octubre. Buenos Aires, Argentina. Publicado en CD.
- Cornaglia P.S., Clavijo M.P., Rodríguez D., Signorelli A., Borodowski E.. (2011). Management practices that maximize the herbaceous productivity in temperate silvopastoral systems. IX International Rangeland Congress. Rosario, Argentina. 2 al 8 de abril de 2011.
- Cornaglia P.S., Borodowski E.D., Laviero M.L.. (2019). Análisis de los resultados económico - productivos de establecimientos silvopastoriles del delta del Paraná bonaerense. En: Rivera

- J., Peri P., Chará J., Díaz M., Colcombet L., Murgueitio E.. 2019. *X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: por una producción sostenible. Libro de Actas*. Editorial CI-PAV, Cali. ISBN 978-958-9386-91-0. Págs. 571- 578.
- Eason W., Gill E., Roberts J.. (1996). Evaluation of antisheep tree-stem-protection products in silvopastoral agroforestry. *Agroforestry Systems* 34:259–264
- FAO. (1980). Los álamos y los sauces en la producción de madera y la utilización de las tierras. Colección FAO Montes nro. 10. Roma.
- Feldhake C.M.. (2001). Microclimate of a natural pasture under planted *Robinia pseudoacacia* in central Appalachia, WestVirginia. *Agrofor Syst* 53:297–303.
- Fernández Tschieder E., Borodowski E., García Cortés M., Signorelli A.. (2011). Efecto de la intensidad de raleo sobre el crecimiento de *Populus deltoides*. 3er Congreso Internacional de Salicáceas, Neuquén.
- Garden D.L., Bolger T.P.. (2001). Interaction of competition and management in regulating composition and sustainability of native pasture. In: Tow PG, Lazenby A (eds) *Competition*
- Gatti M.L., Cornaglia P.S.. (2011). Respuestas de gramíneas C3 perennes al sombreado por árboles y a la defoliación. XXXIV Congreso Argentino de Producción Animal. 1st Joint Meeting ASAS-AAPA, 04 al 07/10/2011, Mar del Plata, República Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal, Asociación Argentina de Producción Animal –AAPA-, Balcarce, República Argentina, vol 31(1):440*
- Gaute M., Mari N., Borodowski E., Di Bella C.. (2007). Elaboración de un Sistema de Información Geográfica para el monitoreo de polders en el Bajo delta Bonaerense durante el período 1985-2005. Teledetección. Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Ed. Martin, pp 465–470.
- González G., Rossi C., Torrá E., De Magistris A.. (2006). Caracterización de un Sistema Silvopastoril bajo Normativas de Producción Orgánica en el Delta de Paraná (Argentina). Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Varadero, Cuba, pp 95–103.
- González G., Rossi C., Pereyra A., De Magistris A., Lacarra H., Varela E.. (2008). Determinación de la calidad forrajera en un pastizal natural de la región del delta bonaerense argentino. *Zootec Trop* 26(3):223–225
- INTA Balcarce. (2017). Web: inta.gob.ar/balcarce
- Jose S., Gillespie A., Pallardy S.. (2004). Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agrofor Syst* 61:237–255
- Kandus P., Malvárez A.. (2004). Vegetation patterns and change analysis in the lower delta islands of the Paraná river (Argentina). *Wetlands* 4:620–632
- Kemp P.D., Matthew C., Lucas R.J.. (2000). Pastures species and cultivars. In: White J., Hodgson J. (eds) *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press, Auckland, pp 67–99
- Kemp D.R., King W.M.G.. (2001). Plant competition in pastures – implications for management. In: Tow P.G., Lazenby A. (eds) *Competition and succession in pastures*. CAB International Publishing, Wallingford, pp 85–102

- Lazenby A., Tow P.. (2001). Some concluding comments. In: Tow P.G., Lazenby A. (eds) Competition and succession in pastures. CAB International Publishing, Wallingford, pp 305–314
- Lin C. H., McGraw R.L., George M.F., Garrett H.E.. (1999). Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agroforestry Systems* 44: 109–119.
- Luccerini S.A., Subovsky E.D., Borodowski E.D.. (2013). Sistemas Silvopastoriles: una alternativa productiva para nuestro país. *Apuntes Agroeconómicos*. Año 7 Nro. 8. Febrero 2013. ISSN 1667-3212. http://www.agro.uba.ar/apuntes/no_8/sistemas.htm
- Lefroy E., Dann P., Wildin R., Wesley-Smith R., McGowan A.. (1992). Trees and shrubs as sources of fodder in Australia. *Agrofor Syst* 20:117–139. Netherlands
- Malvárez I.. (1997). Las comunidades vegetales del Delta del Río Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones de paisaje. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 167 pp.
- Malvárez I.. (1999). El Delta del río Paraná como mosaico de humedales. In: Malvárez AI (ed) *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. MAB UNESCO, Montevideo.
- McAdam J.. (2003). An evaluation of tree protection methods against Scottish Blackface sheep in an upland agroforestry system. *Forest Ecology and Management* 45:119–125
- Mead D.. (2009). Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspective. 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas.
- Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires. (1963). Contribución al estudio de las plantas forrajeras. *Publicación Técnica* año 5, nro. 9. Diciembre de 1963.
- Mead D.J.. (2013). Sustainable management of *Pinus radiata* plantations. *FAO Forestry Paper* No. 170. Rome, FAO.
- Monlezun S., Cornaglia P., Pincemin J., Zunino H., Clavijo M., Borodowski E.. (2008). Cover of senesced tree leaves reduces herbaceous productivity under poplars in silvopastoral systems. 23° International Poplar Commission, China.
- Monlezun S.J., Cornaglia P.S., Pincemin J.M., Zunino H., Clavijo M.P., Borodowski E.D.. (2013). Producción de materia seca de especies forrajeras bajo álamo en sistemas silvopastoriles de la región del Delta del Paraná. *Simposio Científico Académico Delta del Paraná: Historia, Presente y Futuro*. 4 y 5 de Octubre de 2010. San Fernando, Buenos Aires. Volumen I - Conferencias, Paneles y Trabajos Científico-Técnicos (resúmenes). ISBN: 978-92-9089-193-2. Pp. 134.
- Nordenstahl M., Gundel P., Clavijo M., Jobbágy E.. (2011). Forage production in natural and afforested grasslands of the Pampas: ecological complementarity and management opportunities. *Agrofor Syst* 83:201–211.
- Peri P.L., Moot D., Jarvis P., Mcneil D., Lucas R.. (2007). Morphological, anatomical, and physiological changes of orchardgrass leaves grown under fluctuating light regimes. *Agron J* 99:1502–1513.
- Peri P.L.. (2012). Implementación, manejo y producción en sistemas silvopastoriles: enfoque de escala en la aplicación del conocimiento *Proceedings of the 2nd National Congress of Silvopastoral Systems*, INTA Editions, Santiago del Estero, pp 8–21.

- Pincemin J., Monlezun S., Zunino H., Cornaglia P.S., Borodowski E.. (2007). Sistemas Silvopastoriles en el Delta del Río Paraná: Producción de materia seca y estructura de gramíneas templadas bajo álamos. Actas de la XX Reunión Latinoamericana de Producción Animal, V Congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito, Cuzco.
- PTR. (2009). Plan Tecnológico Regional de la Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná. Centro Regional Buenos Aires Norte. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina
- Ralhan P.K., Singh A., Dhanda R.S.. (1992). Performance of wheat as intercrop under poplar (*Populus deltoides* Bartr.) plantations in Punjab (India). *Agroforestry systems* 19: 217-222.
- Robson M.J., Ryle G.J.A., Woledge J.. (1988). The grass plant – its form and function. In: Jones M.B., Lazenby A. (eds) *The grass crop. The physiological basis for production*. Chapman and Hall, London, pp 22–83
- Rossi C., De Magistris A., Torrá E., Medina J., González G.. (2006). Evaluación de la presencia de especies forrajeras y malezas para el aprovechamiento silvopastoril de parcelas con Salicáceas en el Delta del Paraná (Pcia. de Buenos Aires). *Jornadas de Salicáceas 2006*
- Rossi C., González G., De Magistris A., Carou N., De Loof E.. (2012). Contenido proteico en forrajeras en un sistema silvopastoril del bajo delta del Paraná. *Proceedings of the 2nd National Congress of Silvopastoral Systems*, INTA Editions, Santiago del Estero, Argentina
- Schapiro J., Casaubon E., Morici G., Salvat A., Di Ciaccio L., Cerrillo T., Gamieta I., Caracostantogolo J.. (2016). Ovicidal and larvicidal in vitro activity of eighth *Salix* clone extracts against a pure strain of *Haemonchus contortus*. 25th Session International Poplar Commission. Berlín. Alemania.
- Sharrow S.H.. (1992). Tree density and pattern as factors in agrosilvopastoral system design. Dpt. Of Rangeland Resources. Oregon State University
- Signorelli A., Borodowski E., Cornaglia P., Fernandez Tschieder E.. (2011). Efecto de la intensidad de raleo sobre la transmisión de luz en plantación de *Populus deltoides*. 3er Congreso Internacional de Salicáceas, Neuquén.
- Singh K., Chauhan H.S., Rajput D.K., Singh D.V.. (1989). Report of 60 month study on litter production, changes in soil chemical properties and productivity under Poplar (*P. deltoides*) and Eucalyptus (*E. hybrid*) interplanted with aromatic grasses. *Agroforestry systems* 9: 37-45.
- Simón M., Ibrahim M., Finegan B., Pezo D.. (1998). Efectos del pastoreo bovino sobre la regeneración de tres especies arbóreas comerciales del Chaco Argentino: un método de protección. *Agroforestería Américas* 5:17–18
- Somarriba E.. (1997). Pastoreo bajo plantaciones forestales. *Agroforestería Américas* 4(15):26–28
- Suárez R.O. y Borodowski E.D.. (1999). Sistemas silvopastoriles para la Región Pampeana y el Delta del Paraná. *SAGPyA Forestal*, 13: 2-10.
- Taranaki Regional Council. (2001). Poplar and Willow varieties available from Taranaki Regional Council. Sustainable Land Management
- Thomas E.. (2011). Producción de biomasa de hojas de álamo para uso forrajero en valles irrigados de Patagonia Norte. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén.

CAPÍTULO 10

Sistemas agroforestales en Patagonia Norte

Esteban Thomas, Hernán Cancio y Gonzalo Caballé

Introducción

En los valles de Patagonia Norte se utilizan álamos y sauces como cortinas rompevientos para protección de diferentes cultivos (frutícolas, hortícolas, forrajeros) y en forestaciones en macizo destinados a la producción de madera de calidad. La madera es utilizada por las industrias del aserrado y debobinado, principalmente en la confección de envases y embalajes para el transporte y comercialización de productos frutihortícolas, como también para la obtención de vigas, tablas, tirantes y machimbres utilizados por el sector de la construcción. Un porcentaje menor se destina a la industria celulósica, que puede aprovechar los rollizos de menor diámetro (García y Serventi, 2006; Thomas y Garcés, 2014).

La superficie forestada con Salicáceas en los valles de Patagonia Norte se encuentra en notable retroceso. García y Serventi (2006) mencionan que a mediados de la década del 90 existían aproximadamente 3.500 hectáreas de forestaciones en macizo, superficie que disminuyó a 2.810 hectáreas estimadas al momento de esa publicación. Ponen énfasis, además, en que algo más del 50% de esas 2.810 hectáreas corresponde a macizos de menos de 5 años de edad. El Inventario de Plantaciones Forestales bajo riego en la región patagónica realizado en 2017, indica una superficie de 1.520 hectáreas de macizos (Bava, 2017), considerablemente menor a las estimaciones antes mencionadas.

Si bien desde 1999 existe un instrumento de incentivo a través de la Ley N° 25.080 de Inversión para Bosques Cultivados -prorrogada en 2008 por la Ley N° 26.432 y en 2018 por la Ley N° 27.487- (ver capítulo 13), se observa una sensible disminución de la superficie de macizos forestales. La principal causa de esta situación es la crisis de la actividad frutícola, principal destino de los productos confeccionados con la madera de álamos y sauces, que se traduce en un mercado deprimido, con un consumo estimado de madera que disminuyó de 300.000 a 155.000 toneladas anuales (García y Serventi, 2006; García et al., 2017) y precios bajos para la madera. En este contexto, la adopción de sistemas agroforestales como alternativa productiva podría contribuir al aumento de la superficie forestada en la región.

En la zona cordillerana de Patagonia Norte, las áreas aptas para forestación en secano se extienden a lo largo de las zonas ecotónicas de transición entre el bosque nativo y la estepa patagónica hasta la isohieta de 400 mm. La superficie potencialmente forestable se aproxima a 2,3 millones

de hectáreas (Laclau et al. 2005), si bien se reduce sensiblemente si se analizan restricciones sociales, territoriales, ambientales, económicas y topográficas. La superficie actualmente forestada asciende a 109.031 ha, de las cuales, 87.345 ha corresponden a coníferas y el 80% de esa superficie a pino ponderosa (*Pinus ponderosa*). Neuquén posee el 58% de las plantaciones, con una superficie cultivada de 63.725 ha, Río Negro cuenta con 11.860 ha y Chubut posee 33.446 ha forestadas (Bava et al., 2017). El 60% de estas forestaciones con coníferas se encuentran en el rango de edad entre 11 y 25 años. La clase madura, que corresponde a plantaciones mayores a 26 años, representa el 27% de la superficie. La clase menor, que incluye plantaciones menores o iguales a 10 años, representa el 12% de la superficie (Bava et al., 2017).

La madera empleada actualmente por la foresto-industria de la zona cordillerana se obtiene mayoritariamente de plantaciones de pino ponderosa en edad de segundo raleo o primer raleo comercial (25-35 años). Esta madera posee todavía una gran proporción de madera juvenil que le confiere alta inestabilidad dimensional y altas contracciones axiales y longitudinales (Martínez-Meier et al., 2017). Madera aserrada, tacos para pallets, machimbres y en los últimos años, madera con destino estructural para uso en construcción de viviendas, se encuentran entre los principales productos obtenidos por la foresto-industria de la región.

Viabilidad biológica de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales, una combinación de especies leñosas con cultivos, pasturas y/o animales en la misma unidad de producción, optimizan las interacciones biológicas creadas entre estos componentes, otorgando como resultado, una mayor eficiencia en la captura y utilización de recursos (nutrientes, luz y agua) con el consecuente aumento de la productividad (Gordon et al., 1997). Simultáneamente, la mayor diversidad estructural provee al sistema alta estabilidad y resiliencia ambiental y económica a nivel de predio (Lefroy et al. 1999).

El correcto manejo agroforestal implica la optimización del uso espacial y temporal de los recursos de crecimiento de manera de maximizar las interacciones positivas (facilitación) y minimizar las negativas (competencia) que se generan entre los componentes (Jose et al., 2000). La competencia se produce cuando las especies componentes del sistema se superponen en el uso de los recursos, a punto tal que el crecimiento, la supervivencia o el éxito reproductivo de alguna de ellas se ve negativamente afectado (Harper, 1990). La facilitación ocurre cuando una de las especies del sistema modifica el ambiente biofísico de manera tal de crear una o más condiciones favorables para el desarrollo de la especie restante. La especie facilitadora puede producir un incremento neto de los recursos en el sistema o capturar y utilizar más eficientemente alguno de los recursos de crecimiento (Holmgren et al. 1997). El resultado neto de las interacciones de facilitación y competencia, que en última instancia asegura la viabilidad de los sistemas agroforestales, es dinámico y depende del estadio de vida de las especies involucradas, de la fisiología de las mismas y de la intensidad del estrés causado por factores abióticos (Callaway y Walker, 1997).

La competencia entre el estrato arbóreo y el estrato herbáceo o agrícola se genera principalmente por radiación debido al fuerte contraste en las formas de crecimiento. En función del índice de área foliar, dependiente de la edad y tamaño de los árboles, y de las prácticas silviculturales aplicadas (podas y raleos), disminuye la cantidad y se altera la calidad de la radiación que alcanza el sotobosque (Holmes, 1981; Wilson y Lodlow, 1991). Al mismo tiempo, los árboles generan relaciones de competencia y facilitación por agua sobre las plantas del sotobosque: competencia al interceptar las precipitaciones o utilizar agua en el mismo estrato de suelo que los pastos (Gyenge et al. 2002; García-Barrios y Ong, 2004) y facilitación al mejorar las propiedades físicas del suelo, reducir las pérdidas por escurrimiento superficial, disminuir la demanda evaporativa o aportar agua desde zonas profundas por el proceso de “ascenso hidráulico” (Richards y Caldwell, 1987). Si bien en sistemas silvopastoriles la sombra de los árboles constituye el principal factor limitante para la producción forrajera, presenta un efecto neto de facilitación sobre el componente animal. La cobertura arbórea disminuye el estrés térmico que provoca la incidencia directa de la radiación solar sobre los animales. Por este motivo, los sistemas silvopastoriles permiten mejorar las ganancias de peso diarias de los animales respecto de los sistemas pastoriles convencionales (Thomas y Ferrere, 2019).

Por lo expuesto, es de suma importancia conocer los cambios provocados por el dosel arbóreo sobre la calidad y cantidad de radiación que alcanza el sotobosque y las relaciones de competencia o facilitación por el agua en suelo, ya que influyen de manera compleja sobre el crecimiento, productividad y/o supervivencia del estrato herbáceo o agrícola en los sistemas agroforestales. Es igualmente importante evaluar y tener en cuenta el efecto positivo que presenta el estrato arbóreo sobre el desempeño del componente animal.

Silvicultura con álamos y sauces en los valles de Patagonia Norte

Especies y clones de álamos y sauces difundidos en la región

En Patagonia Norte se han difundido clones de álamos y sauces que se adaptaron al clima de la región tanto para la plantación de cortinas rompevientos como de macizos forestales. El principal aspecto que define la elección de la especie y clon es la susceptibilidad a las enfermedades presentes en cada una de las zonas de la región. A su vez, dentro de cada zona, se deben contemplar las características de los suelos y los objetivos de producción.

Los álamos

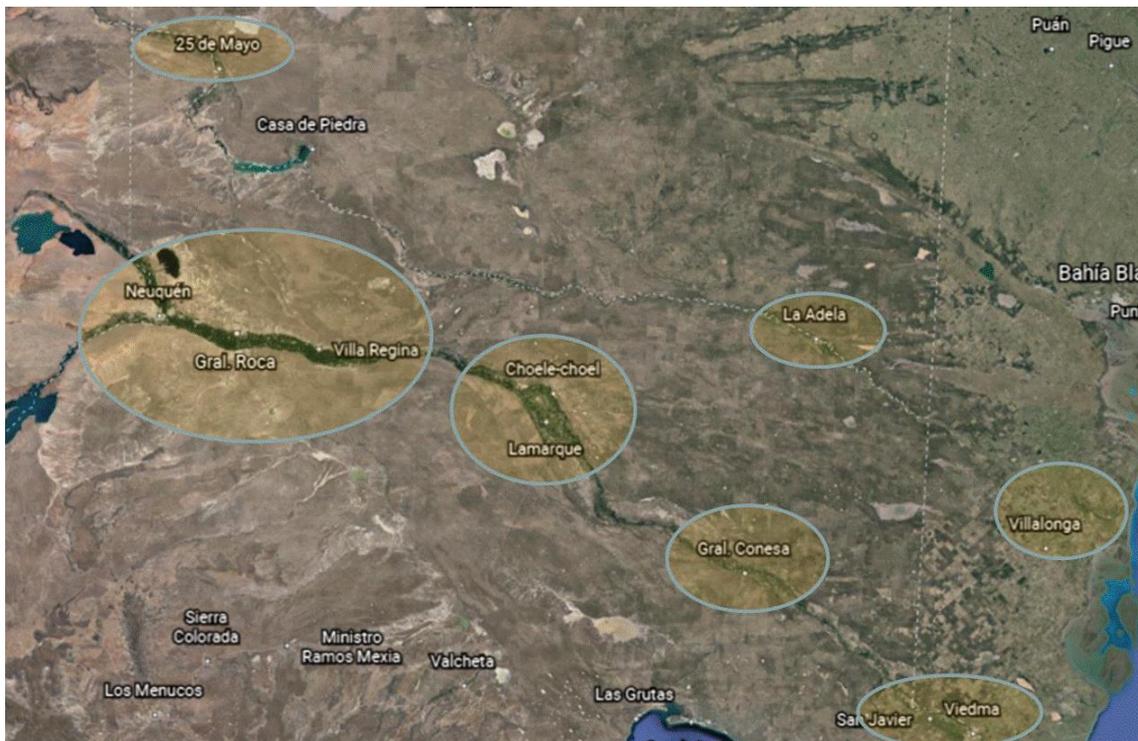
Para la plantación de cortinas rompevientos, cuyo propósito es proteger a los cultivos de los fuertes vientos característicos de la región, se usan principalmente los álamos criollos (*P. nigra* ‘Itálica’), chileno (*P. nigra* ‘Chile’) y Blanc de Garonne (*P. nigra* ‘Jean Pourtet’) (Serventi, 2011; Thomas, 2015). Estos clones poseen copa estrecha, numerosas ramas cortas desde la base

del tronco y hojas pequeñas, conformando barreras que disminuyen la velocidad del viento a valores tolerables por los cultivos de interés, contribuyendo a la disminución de la erosión eólica (Lassig y Palese, 2011; Peri, 2011) y amortiguando el efecto de las heladas (Tassara, 2005). En menor proporción, se utilizan híbridos euroamericanos (*P. x canadensis*) y ocasionalmente el álamo híbrido español (*P. x canescens*).

En el Alto Valle de Río Negro y Neuquén (Figura 1) como en el valle de 25 de Mayo (La Pampa) y Catriel (Río Negro), no existen restricciones respecto de los clones a utilizar para la plantación de macizos destinados a producir madera de calidad. Se utilizan principalmente híbridos euroamericanos debido a su rapidez de crecimiento, características de la madera y rectitud de fuste, siendo el I-214, I-488, Conti 12 y Guardi los más difundidos (Thomas, 2015). El color claro de la madera de estos clones otorga buena aptitud para algunas industrias como la del debobinado para fabricar tableros compensados (Nolting, 2001). En las zonas con mayores precipitaciones como los valles de General Conesa, Río Colorado e inferior del río Negro (IDEVI), donde la cancrrosis (*Septoria musiva*) tiene mayor incidencia, se utilizan clones de híbridos euroamericanos como Conti 12 y clones de álamos deltoides (*P. deltoides*) como Harvard y Stoneville 72 (Thomas y Cortizo, 2014b).

A partir de evaluaciones de nuevos clones para la región realizadas por INTA Alto Valle, se suman a los antes mencionados los híbridos euroamericanos Triplo y Ragonese 22 INTA, y los deltoides Ñacurutú INTA, Carabelas INTA y Paycarabí INTA. Estos clones, al ser tolerantes a la cancrrosis, se recomiendan para ser utilizados en toda la región, sobre todo en aquellas zonas donde la cancrrosis limita el uso de algunos de los clones de híbridos euroamericanos susceptibles a la enfermedad (Thomas y Garcés, 2014; Thomas y Cortizo, 2014a).

Figura 1. Localización de los valles en el norte de la Patagonia.



Fuente propia.

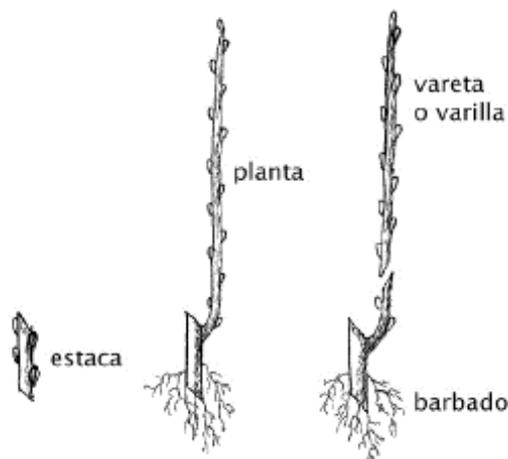
Los sauces

Las forestaciones en macizo con sauces actualmente son escasas y tienen como objetivo la producción de madera para triturado. Tanto para cortinas rompevientos como para macizos se utilizan los sauces híbridos Barrett 13-44 INTA (*Salix matsudana* x *S. alba*), Ragonese 131-25 INTA y Ragonese 131-27 INTA (*S. babylonica* x *S. alba*), este último muy difundido en el valle de Río Colorado. Sin embargo, a partir de evaluaciones de nuevos materiales genéticos, los sauces han demostrado un alto potencial productivo tanto para triturado como para usos sólidos, incluso en suelos marginales. Los híbridos Los Arroyos INTA-CIEF y Agronales INTA-CIEF (*Salix matsudana* x *S. alba*), y algunos otros en etapa final de selección han mostrado un destacado desempeño en suelos salino-sódicos (Thomas y Garcés, 2014; Thomas y Cerrillo, 2014; Cortizo et al., 2016; Montero et al., 2017).

Materiales de plantación

Para la plantación de barreras rompevientos o de macizos se pueden utilizar diferentes materiales. La *estaca*, que es una porción de tallo lignificado de un año de edad y de 20-30 cm de longitud; la *guía*, también conocida como varillón, es el tallo completo, lignificado, producto del crecimiento de uno o dos años; y la *planta*, llamada también barbado, generada en vivero a partir de una estaca (Figura 2). A las plantas o barbados de un año de edad se las denomina R1/T1, ya que tanto la raíz (R) como el tallo (T) tienen un año de edad. Existen también plantas o barbados con tallo y raíz de dos años (R2/T2) o bien con tallo de un año y raíz de dos años (R2/T1) (Amico, 2006; Thomas, 2015).

Figura 2. Materiales de plantación de álamos y sauces.



Fuente: Amico, 2006.

En el caso de macizos es aconsejable utilizar plantas o barbados de un año de edad con buen tamaño (2,5m a 3,5 m de altura) y raíces bien desarrolladas. La ventaja comparativa de

este material respecto a los otros es que permite un rápido y homogéneo establecimiento de la forestación. También pueden usarse guías de similar tamaño, que permitan lograr un resultado similar respecto a la homogeneidad de la plantación, aunque el crecimiento durante el primer año será menor al que se obtiene cuando se utilizan plantas con raíz.

Métodos de plantación

Para la plantación se pueden utilizar diferentes implementos o herramientas según el material elegido, la mano de obra y la maquinaria disponible:

- Barreta: se utiliza esta herramienta para hacer un pequeño hoyo en el terreno de 20-30 cm de profundidad. Se utiliza principalmente para la plantación de estacas de 25-30 cm de largo, o eventualmente para la plantación de guías, con el inconveniente que éstas quedan enterradas a poca profundidad con riesgo de vuelco durante el primer año provocado por los fuertes vientos.
- Barreta hidráulica (Figura 3): también conocida como hidroplantadora, consiste en un caño con un orificio de menor diámetro en el extremo inferior que, unido a la máquina pulverizadora a través de una manguera, inyecta agua a presión en el suelo y va realizando el hoyo para la posterior plantación (Cancio y Thomas, 2011). En este caso se utilizan estacas largas (60-70 cm) o guías (2,5m a 3,5m), aprovechando la profundidad que se logra con esta herramienta (60-70cm). De esta manera se logra un buen anclaje evitando riesgos de vuelco. Además de su practicidad, este método aporte agua al suelo favoreciendo el enraizamiento.
- Hoyadora agrícola (Figura 3): existen diferentes modelos, desde las que poseen un motor a explosión propio y son operadas manualmente, a las que poseen una mecha de mayor diámetro y profundidad siendo accionadas por la toma de fuerza del tractor. Esta herramienta permite realizar hoyos de 60-80 cm de profundidad y de 30-40 cm de diámetro, y es utilizada principalmente cuando se utilizan plantas, o eventualmente guías, para lo que se podría colocar una mecha de menor diámetro.

Figura 3. Hoyadora agrícola (izquierda) y barreta hidráulica (derecha).



Fuente propia.

Independientemente del método de plantación elegido, es importante lograr un buen contacto del material de plantación con el suelo, rellenando con tierra cuando sea necesario y apisonando firmemente alrededor de las estacas, guías o plantas (barbados).

Época de plantación

El momento adecuado de plantación es durante el reposo vegetativo, que comienza en otoño a partir del momento de la caída de las hojas. En caso de utilizarse plantas, la operación puede realizarse a partir del mes de junio y hasta mediados de septiembre. La disponibilidad de raíces permite cierta flexibilidad del momento de plantación, ya que la humedad disponible en el suelo evitará una eventual deshidratación. En cambio, cuando se usan estacas o guías, ambas sin raíz, es conveniente plantar a partir de mediados de agosto y hasta principios de septiembre, haciéndola coincidir con la disponibilidad de agua para riego que normalmente ocurre a principios de septiembre. De esta manera, la aplicación del primer riego evita la posible deshidratación de estos materiales, minimizando la probabilidad de fallas (Thomas, 2015).

Densidades de plantación

Las densidades de plantación de macizos (Figura 4) varían en función de los objetivos productivos a mediano y largo plazo. El aprovechamiento final de la madera se obtiene entre los 12 y 15 años, dependiendo de la calidad del sitio y de las prácticas culturales realizadas durante el ciclo forestal. Se recomienda utilizar *densidades bajas* (200 a 350 árboles/ha) cuando el objetivo es producir rollizos de grandes diámetros para la cosecha final sin necesidad de raleo, ya que los árboles crecerán prácticamente sin competencia por los recursos (espacio, luz, agua y nutrientes) hasta el final del ciclo productivo. A modo de ejemplo, marcos de plantación de 8m x 4m o 10m x 5m permiten la producción agrícola entre las filas de árboles sin mermas importantes de rendimientos. En cambio, cuando el objetivo es producir rollizos de menor diámetro o postes a través de un raleo, y rollizos de grandes diámetros en la cosecha final, se recomienda utilizar *densidades intermedias* (400 a 600 árboles/ha). Del mismo modo que en el caso anterior, marcos de plantación de 6m x 3m u 8m x 2m permiten la producción agrícola entre las filas de árboles, pudiendo haber mermas de rendimiento por efecto del sombreado en función de las necesidades lumínicas del cultivo implantado (Thomas, 2015).

Figura 4. Macizo de álamo Guardi plantado con guías a 6m x 3m utilizando barreta hidráulica.



Fuente propia.

Riego

Los álamos y los sauces son muy demandantes de agua, requiriendo al menos 8.000-9.000 m³/ha durante la estación de crecimiento (FAO, 1980). En la región de los valles las precipitaciones varían entre 240 mm en el Alto Valle de Río Negro (Rodríguez y Muñoz, 2006) hasta 400 mm en el Valle Inferior del Río Negro (Musi Saluj, 2018). Debido a que estas lluvias no alcanzan a cubrir las necesidades hídricas de ambas especies, se complementa a través de riegos durante el período de mayor demanda hídrica que ocurre entre los meses de septiembre y abril. El riego se realiza normalmente por manto o inundación, aunque existen experiencias con riego por goteo (Montero y Thomas, 2017). La frecuencia de riegos debe ser alta durante los primeros años, aconsejando regar cada 7 a 10 días, reduciéndose a una frecuencia de 15 días a medida que los árboles crecen y sus raíces aumentan la exploración del suelo y la absorción de la napa freática.

Poda

La poda consiste en la eliminación de algunas ramas con el objetivo de producir madera sin nudos. En el caso de los álamos y sauces, se pueden diferenciar dos tipos de intervención: poda de formación y poda de limpieza de fuste (Amico, 2006).

La *poda de formación* consiste en la eliminación de tallos secundarios, bifurcaciones y ramas laterales que compitan con el tallo principal, con el objetivo de formar un árbol con un único fuste y sin ramas laterales de tamaño importante. Esta intervención se debe realizar durante el segundo o tercer año utilizando tijera de podar, tijerón o eventualmente serrucho.

La *poda de limpieza de fuste* (Figura 5) consiste en la eliminación de ramas laterales de la porción inferior del fuste para poder obtener madera libre de nudos. Cada una de las intervenciones se denomina levante, y suelen realizarse dos levantes de poda hasta lograr un fuste sin ramas de 6 a 8 metros de altura aproximadamente. Debido a que la eliminación de ramas, y por lo tanto de hojas, reduce la capacidad fotosintética, se recomienda no podar más del 50% de la altura total de los árboles en cada intervención, ya que una proporción mayor podría afectar la producción de madera. La extracción de las ramas se realiza con una pértiga con serrucho o con motosierra de altura. Suele utilizarse una plataforma elevada para mejorar la ergonomía de los operarios.

El corte realizado por las diferentes herramientas debe ser limpio, sin desgarros, teniendo la precaución de no lastimar la corteza, que incluye el tejido de cicatrización que se encuentra en la base de la rama, ni dejar una porción de rama o taco, que impedirán una correcta cicatrización de la herida.

La época en la que se acostumbra realizar la poda es el invierno, ya que se dispone de un tiempo prolongado para realizarla y se evita posibles ingresos de patógenos a través de las heridas. La mayor desventaja de realizarla durante el invierno es la emisión de rebrotes, conocidos como “ramas chuponas”. En estudios realizados por Casaubon et al. (2005) en el Delta del Paraná, y Davel y Arquero (2015) en los valles de Patagonia Norte, se observó que las podas realizadas en primavera o verano aceleran la cicatrización y disminuyen la emisión de ramas chuponas. En caso de realizarse en estas estaciones del año, se recomienda desinfectar las herramientas para evitar el contagio ante la eventual presencia de patógenos (ej. *Septoria musiva*).

Figura 5. Poda de limpieza de fuste con plataforma en álamos Guardi (izquierda) y detalle del corte realizado con la motosierra con pértiga extensible (derecha).



Fuente propia

Raleo

El *raleo* consiste en la disminución de la densidad de la forestación mediante la extracción de algunos árboles para eliminar la competencia por recursos y maximizar el crecimiento individual de los árboles remanentes que serán cosechados al final del turno. El momento y la intensidad de los raleos dependen de la densidad de plantación y del objetivo de producción. La respuesta del crecimiento de los árboles remanentes aumenta a mayores intensidades de raleo (Fernandez Tschieder et al. 2011).

La cosecha de una proporción de árboles a una edad intermedia del ciclo forestal permite obtener ingresos económicos por la venta de postes y rollizos de diámetros menores (20 a 30 cm) con destino a la industria del aserrado. En la región de los valles existe un mercado de postes tratados con sulfato de cobre, que se utilizan para las estructuras de conducción de los montes frutales.

Mediante raleos en momentos intermedios del turno se busca producir árboles de mayores diámetros al momento de la cosecha, de los que se obtendrán rollizos destinados a la industria del debobinado para la elaboración de tableros compensados, y a la industria del aserrado para la fabricación de productos de calidad.

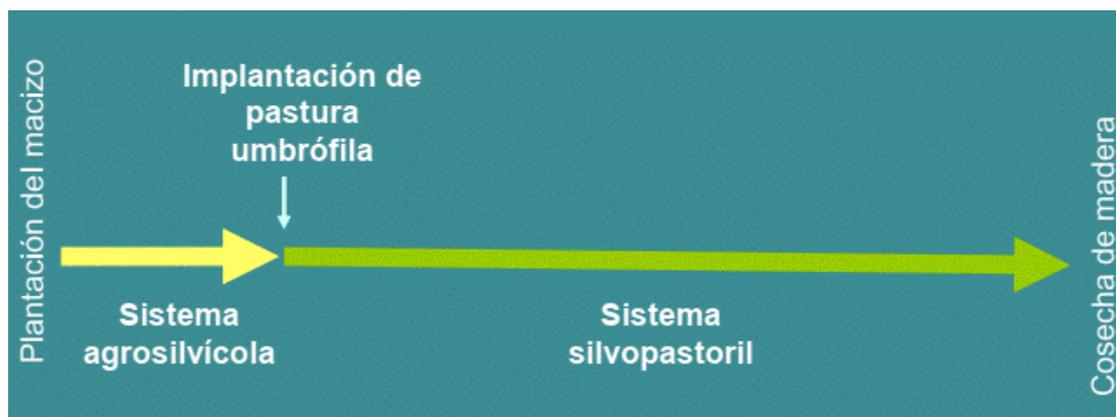
Turno forestal y aprovechamiento de la madera

En la región de los valles, el turno para la producción de madera de calidad varía entre 12 y 15 años, pudiendo cosecharse aproximadamente entre 250 y 300 toneladas dependiendo de la calidad del sitio y del manejo silvícola realizado (Thomas, 2015). También es posible plantear objetivos de más corto plazo como la producción de postes en turnos de 6 a 8 años.

No existe en la región maquinaria forestal como las cosechadoras (harvesters), los autocargadores o los arrastradores (skidders) que permiten realizar el aprovechamiento de la madera en forma mecanizada. El aprovechamiento se realiza en forma manual, mediante el apeo, desrame y trozado de los árboles con motosierra. Luego, los rollizos son cargados en el camión mediante una pala cargadora o un tractor elevador, y acomodados en forma manual para ser trasladados a la industria.

Sistemas agroforestales con álamos y sauces en valles de Patagonia Norte

Las forestaciones en macizos tienen como objetivo producir madera de calidad, y según el marco de plantación es posible la consociación con cultivos agrícolas en *sistemas agrosilvícolas* desde el inicio del ciclo forestal, y con ganadería en *sistemas silvopastoriles* durante los años restantes (Figura 6).

Figura 6. Etapas de un sistema agroforestal de sistema agrosilvícola a silvopastoril.

El diseño de modelos agroforestales debe estar en concordancia con los objetivos productivos a corto, mediano y largo plazo de cada uno de los componentes agrícola, ganadero y forestal (Esquivel, 2017). Por lo tanto, habrá modelos que prioricen la producción agrícola y ganadera, en los cuales la densidad del componente forestal será más baja (200 a 350 árboles/ha), y otros modelos con densidades iniciales mayores (400 a 650 árboles/ha) en los que se priorice la producción forestal, obteniéndose a mediano plazo postes y/o rollizos de diámetros menores para aserrado a través de raleos, y rollizos de diámetros mayores en la cosecha final.

Sistemas agrosilvícolas

Durante los primeros años de las forestaciones con álamos y sauces bajo riego es posible producir forraje para henificar, en forma de rollos o fardos, de pasturas perennes puras (alfalfa u otras) o polifíticas (mezclas con alfalfa, tréboles, raigrás, festuca u otras); y también de pasturas anuales con cebada, avena, centeno, triticale, puras o consociadas con vicia -en otoño-invierno, *verdeos de invierno*-, o con sorgo, mijo, moha -en primavera-verano, *verdeos de verano*-. También es posible producir granos (maíz, sorgo, cebada, avena, triticale) y hortalizas (zapallo, maíz dulce, cebolla y otras) (Cancio y Thomas, 2013; Thomas, 2015).

En esta primera etapa, la sombra irá aumentando gradualmente debido al tamaño de los árboles, y proporcionalmente irá disminuyendo el rendimiento de los cultivos en función de su sensibilidad a la falta de luz (Thomas, 2015). Si bien, en general, los rendimientos durante el primer y segundo año no se ven afectados, se dispone de una superficie neta cultivable menor debido al espacio adyacente a las filas de árboles. Según el marco de plantación elegido, es posible realizar estos cultivos durante una cantidad de años previo a que la sombra comience a limitar la producción. La poda de formación, que se realiza durante esta etapa inicial 2° y 3° año, favorece el ingreso de luz para el desarrollo de los cultivos (Davel y Arquero, 2015).

No es recomendable que durante este período ingresen animales libremente a pastorear dentro de la forestación ya que, debido a la preferencia por las hojas y brotes tiernos de álamos y sauces, pueden provocarles daños importantes (Casaubon, 2013). Eventualmente, en planta-

ciones con distancias amplias entre las filas (8 a 12 m), es posible implementar un sistema de pastoreo con alta carga instantánea en los interfilares utilizando alambrado eléctrico, manteniendo a los animales alejados de los árboles para evitar daños.

En macizos con marcos de plantación amplios -8m x 4m, 10m x 5m, 12m x 4m o configuraciones similares-, que se corresponden con densidades de 200 a 350 árboles/ha aproximadamente, es posible producir rollos o fardos de alfalfa durante los primeros 3 o 4 años sin mermas significativas de rendimiento por efecto del sombreado. En cambio, en marcos de plantación intermedios (6m x 3m; 8m x 2m, 8m x 3m o configuraciones similares), que se corresponden con densidades de 500 a 650 árboles/ha aproximadamente, la producción de forraje sufre una merma significativa (del 50% o más) por efecto del sombreado a partir del tercer o cuarto año (datos propios, no publicados).

La consociación de álamos con alfalfa durante los primeros años en macizos plantados a 6m x 3m y 8m x 3m ha sido el modelo más elegido al momento de adoptar estos sistemas en los valles de Patagonia Norte. También hubo experiencias de producción de rollos de sorgo en los interfilares de macizos plantados a 8m x 3m solamente durante los dos primeros años, ya que es una especie C4 sensible a la falta de radiación.

En INTA Alto Valle, se instaló en 2009 una parcela demostrativa que incluyó un modelo de plantación tradicional con álamos (A) y dos alternativas agroforestales con cultivos consociados (álamos con alfalfa -A+A- y álamos con cultivos hortícolas -A+H-) en un marco de 6m x 3 m. En las subparcelas correspondientes al cultivo de álamos consociado con alfalfa se cosecharon fardos durante los primeros tres años; en las correspondientes al cultivo de álamos consociado con hortícolas, se cultivó zapallo anco durante el primer año y maíz dulce durante el segundo y tercer año; y en las correspondientes al cultivo de álamos sin cultivos intercalares se controló la vegetación espontánea. Al cabo de los 3 años de ensayo se observó un mayor crecimiento en diámetro en los sistemas agroforestales (A+A y A+H) respecto del cultivo tradicional (A) (Thomas et al., 2013; Thomas et al., 2017).

La utilización del espacio interfilar para la agricultura permite aprovechar de manera más eficiente el suelo y el agua de riego disponible, generando ingresos durante los primeros años del ciclo forestal. Además, las labores culturales que demandan los cultivos agrícolas muestran un efecto benéfico sobre el crecimiento inicial de los árboles. Por lo tanto, esta integración de actividades brinda beneficios productivos y económico-financieros.

Sistemas silvopastoriles

A medida que los árboles crecen, aumenta progresivamente el tamaño de la copa reduciendo el ingreso de radiación solar al estrato herbáceo (Thomas, 2015). Cuando la cantidad de radiación limita la producción de cultivos altamente demandantes (heliófilos), es posible implantar pasturas con especies tolerantes a la sombra (umbrófilas) para la producción de forraje durante el resto del ciclo forestal. En este momento se produce la transición de un sistema agrosilvícola a uno silvopastoril.

La cantidad de radiación solar que llega al suelo está en función principalmente de la edad y la densidad de plantación, de la distribución espacial de los árboles para una misma densidad y de la orientación de las filas respecto a la trayectoria diaria del sol (Acciaresi et al., 1993; Douglas et al., 2006). Además, la forma de la copa de los árboles y la cantidad y distribución de ramas tiene gran influencia en la intercepción lumínica. En ese sentido, la elección de clones de álamo y sauce con copas estrechas y menor cantidad de ramas favorece el ingreso de radiación para ser aprovechado por las especies forrajeras. A partir de evaluaciones de nuevos clones en la región se observó un buen desempeño del álamo híbrido (*Populus x canadensis*) 'Ragonese 22 INTA' y de los sauces híbridos (*Salix matsudana x S. alba*) 'Los Arroyos INTA-CIEF' y 'Agronales INTA-CIEF', que desarrollan copas estrechas y los convierte en adecuados para la implementación de sistemas silvopastoriles (Thomas y Cerrillo, 2014; Thomas y Garcés, 2014).

La siembra de las pasturas umbrófilas se debe realizar cuando los niveles de radiación solar que ingresan a través del dosel son mayores a los que esas especies pueden tolerar una vez implantadas. Evaluaciones regionales realizadas en macizos de álamos indican que la implantación de pasturas con especies tolerantes a la sombra debe realizarse cuando el ingreso de luz a través del dosel es de aproximadamente el 50-60% del total de radiación incidente (datos propios, no publicados). Ese momento oportuno se corresponde con el cuarto o quinto año de forestaciones con álamos o sauces implantadas a las densidades utilizadas actualmente (280 a 555 árboles/ha), pudiendo variar sensiblemente según los marcos de plantación utilizados y la orientación de las filas. Una vez implantadas, estas especies se irán adaptando a la disminución progresiva de la cantidad de luz disponible, y por lo tanto variará la producción forrajera hasta el final del ciclo forestal.

Si bien la estación del año adecuada para la siembra de pasturas perennes en regiones templadas-frías es el otoño, las hojas de álamos y sauces que caen en esa época pueden constituir un impedimento físico durante la implantación. Una alternativa para evitar este inconveniente es realizar siembras tempranas en otoño (fines de febrero o principios de marzo) o siembras en primavera. Las especies forrajeras de clima templado-frío que mejor se adaptan a la restricción lumínica propia de estos sistemas silvopastoriles son: pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), festuca (*Festuca arundinacea*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) (Cancio et al., 2013; Rodríguez et al., 2013). Las pasturas compuestas por una o más de estas especies sustentan la producción ganadera (bovina y ovina principalmente).

En base a evaluaciones realizadas por el INTA Alto Valle, en macizos con densidades intermedias (400 a 555 árboles/ha) es posible disponer a partir del quinto o sexto año entre 2.000 y 3.500 kg/ha/año de forraje de pasturas puras (festuca, pasto ovillo) o mixtas (festuca-tréboles, pasto ovillo-tréboles), concentrado mayormente en primavera-verano (Cancio et al., 2013; datos propios, no publicados). La calidad del forraje varía según las especies implantadas, aportando diferentes valores de fibra y proteína bruta (PB). Pasturas mixtas con pasto ovillo y trébol blanco bajo dosel proveen forraje de calidad, con valores de alrededor del 15% (14,2% a 16,5%) de proteína (PB) y del 67% (63,4 a 68,8%) de digestibilidad de la materia seca (DMS) (Thomas et al., 2016).

Importancia de la poda y raleo en sistemas agroforestales con álamos y sauces

El ingreso de radiación a través del dosel arbóreo varía principalmente en función de la edad de los árboles, de la densidad y distribución espacial de los mismos, y de la cantidad de ramas y hojas en sus copas. A través del manejo silvícola puede incrementarse el ingreso de radiación mediante la disminución de la densidad a través de raleos, y de la cantidad de ramas a través de las podas (Esquivel, 2017). Acciaresi et al. (1993) observaron una disminución del 80% de la producción forrajera en primavera de una pastura mixta (*Bromus unioloides*, *Lolium multiflorum* y *Dactylis glomerata*) bajo dosel de álamos deltoides de 6 años de edad con una densidad de 625 árboles/ha, concluyendo que es necesario ralear para favorecer el ingreso de radiación solar. Cancio et al. (2016) evaluaron la producción de alfalfa en dos niveles lumínicos instalando simuladores de cobertura arbórea (50% de restricción lumínica) en un macizo de álamo híbrido I-488 de 13 años de edad con una densidad de 140 árboles/ha (12m x 6m). Se obtuvieron un total de 4.940 kgMS/ha de forraje en el tratamiento con mayor ingreso de radiación solar (32,3% de transmisividad -12m x 6m- y 2.408 kgMS/ha de forraje debajo de los simuladores de cobertura (16,2% de transmisividad -simulando 6m x 6m-). Thomas et al. (2012) evaluaron la producción de verdeos invernales en un macizo de álamos híbridos euroamericanos raleado a los 14 años de edad, con una densidad final de 140 árboles/ha. Se sembraron dos consociaciones: triticale (*X Triticosecale*) y vicia (*Vicia sativa*), y avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y vicia en callejones de 12 m de ancho, y se obtuvieron 1.968 kgMS/ha para la consociación triticale y vicia, y 2.445 kgMS/ha para la consociación de avena, cebada y vicia.

Estos resultados de experiencias regionales permiten inferir que el raleo en sistemas silvo-pastoriles con álamos, a partir del cual se logra moderar la restricción lumínica, es posible producir forraje a partir de pasturas puras o consociadas.

Utilización de las hojas de álamos y sauces como forraje

Existen experiencias sobre el uso de las hojas de álamos y sauces en verde como suplemento alimenticio para el ganado ovino y bovino en épocas de sequía (McWilliam et al., 2005; Moore et al., 2003). El aprovechamiento de las hojas en verde como forraje se puede realizar de diferentes formas. Una de ellas es a través de las podas, de formación o de limpieza de fuste, realizada en los macizos durante la primavera o verano (Davel y Arquero, 2015). Las hojas de las ramas podadas pueden ser consumidas por el ganado, resultando un excelente complemento forrajero (Casaubon, 2013).

La cantidad de forraje de hojas por unidad de superficie que puede producir un macizo varía según la edad de los árboles, la densidad de plantación, la fertilidad del suelo y el manejo silvícola (podas, riegos, fertilización). Estimaciones realizadas en Nueva Zelanda cosechando ramas con hojas (pollarding) de álamos y sauces de entre 5 y 10 años de edad, indican que pue-

den producir más de 22 kg MS de hojas por árbol, y en árboles de mayor edad la producción puede alcanzar los 60 kg MS/árbol. Las hojas de álamo y sauces en verde tienen valores altos de digestibilidad a (DMS) y proteína bruta (PB). Análisis realizados en Nueva Zelanda muestran que las hojas de álamo poseen 65-70% de digestibilidad y aproximadamente 15% de proteína en primavera-verano (New Zealand Poplar & Willow Research Trust, 2016). En el Delta del Paraná se estudió el valor nutritivo de las hojas de álamos y sauces provenientes de la poda en diferentes momentos del ciclo vegetativo. En el caso de álamos, a pesar de las variaciones encontradas en los valores nutricionales según las diferentes épocas de poda, la digestibilidad fue mayor al 59% (62 ± 3%) y la proteína mayor al 13 % (15,7 ± 2,4%) (Tabla 1 Casaubon, 2013). En el caso de sauces, también se observaron diferencias según el momento, con valores de 26,7% de proteína y 65,9% de digestibilidad en primavera (Casaubon et al., 2017). Estos valores indican que la calidad forrajera de las hojas permite su utilización estratégica en planes ganaderos de cría en momentos de mayor requerimiento nutricional.

Tabla 1. Valores promedios (± desvío estandard) de materia seca (MS), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad estimada (DE), fibra detergente neutro (FDN) y proteína bruta (PB) expresados en porcentaje (%) en hojas de *Populus deltoides* `Australiano 106/60` originados de guías durante el período vegetativo 2009/10.

Mes	MS%	FDA %	DE %	FDN %	PB %
Octubre	20,1±2,5a	32,3±5,0a	63,7±3,9b	50,9±5,8ab	30,2 ±2,0a
Diciembre	36,5±1,0b	27,6±3,3b	67,3±2,6a	48,7±2,6b	15,7±2,4b
Marzo	42,3±1,0c	34,5±3,8a	62,0±3,0b	53,3±2,4a	16,5±2,0b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre meses (Casaubon, 2013).

También es posible aprovechar las hojas caídas en otoño como forraje para rumiantes. Según evaluaciones regionales, a partir del cuarto o quinto año se dispone de aproximadamente 4.500 a 6.000 kg/ha/año de materia seca de hojas según la densidad del rodal. Si bien la calidad forrajera de las hojas en otoño es baja debido a su escasa digestibilidad (DMS: 55-58%) y bajo contenido de proteína (PB: 5-6%), constituye un recurso forrajero del sistema que puede ser aprovechado estratégicamente (Cancio et al., 2013; Cancio y Thomas, 2018). Se evaluó también el consumo a corral de hojas caídas en otoño por ovejas de refugio a corral, reemplazando pellets de alfalfa, como alimento base, por proporciones crecientes (25-50-75%) de hojas de álamo. Se observó que no hubo pérdidas de peso vivo cuando los reemplazos fueron de hasta el 50%, incluso con leve aumento de peso cuando solo se reemplazó el 25% por hojas de álamo, constituyendo un recurso forrajero gratuito y de fácil disponibilidad para esquemas de producción familiar (Jockers et al., 2019).

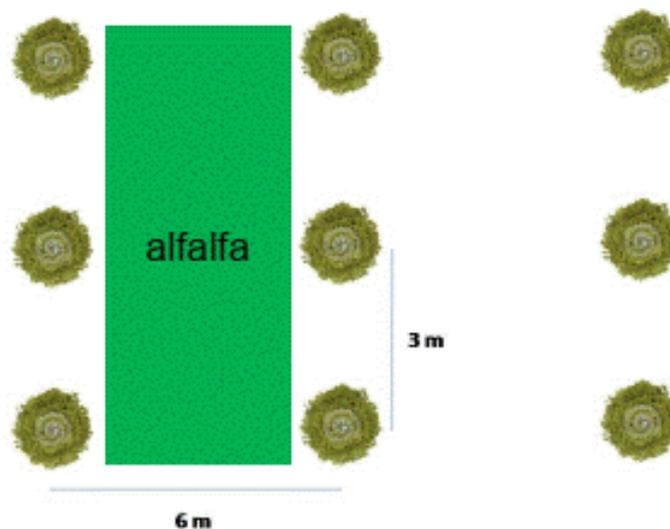
Modelos agroforestales para álamos y sauces en valles irrigados de Patagonia Norte

El diseño de los modelos agroforestales debe estar en concordancia con los objetivos productivos a corto, mediano y largo plazo de cada uno de los componentes: agrícola, ganadero y forestal (Esquivel, 2017). Por lo tanto, habrá modelos que prioricen la producción agrícola y/o ganadera, en los cuales la densidad del componente forestal será más baja (150 a 350 árboles/ha aproximadamente) que la de otros modelos en los que se priorice la producción forestal (350 a 600 árboles/ha aproximadamente) a partir de los cuales se pueden obtener a mediano plazo postes y/o rollizos de diámetros menores para aserrado, y rollizos de grandes diámetros en la cosecha final.

En base a los resultados de investigaciones realizadas por el INTA Alto Valle y a experiencias de productores, es posible sugerir modelos de sistemas agroforestales con álamos y sauces bajo riego que respondan a objetivos productivos en diferentes momentos del ciclo forestal.

Algunos modelos agroforestales que se proponen para la región se basan en la implantación de macizos con distanciamientos amplios (8 a 12 m entre filas y 4 a 6 m entre plantas dentro de las filas), correspondientes a densidades bajas (150 a 300-350 árboles/ha), o con distanciamientos menos amplios (6 a 8 m entre filas y 3 a 4 m entre plantas dentro de las filas) correspondientes a densidades intermedias (300-350 a 600 árboles/ha). La disponibilidad de agua de riego permite producir durante los primeros años, en los interfilares de esos macizos, fardos o rollos de alfalfa, granos o ensilado de planta entera de maíz, rollos de sorgo u otras forrajeras anuales (moha, mijo, centeno, cebada, avena, triticale, vicia, etc.) y diferentes productos hortícolas (Figura 7a y 7b y Figura 8). Según los cultivos asociados elegidos, es factible realizar dos cultivos por año en forma secuencial, como por ejemplo verdeos de invierno y verdeos de verano, o verdeos de invierno y cultivos hortícolas de verano (Thomas y Cancio, 2012; Thomas et al., 2013; Thomas et al., 2017).

Figura 7a. Esquema de modelo agroforestal consociado de álamos o sauces con alfalfa para producción de rollos o fardos.



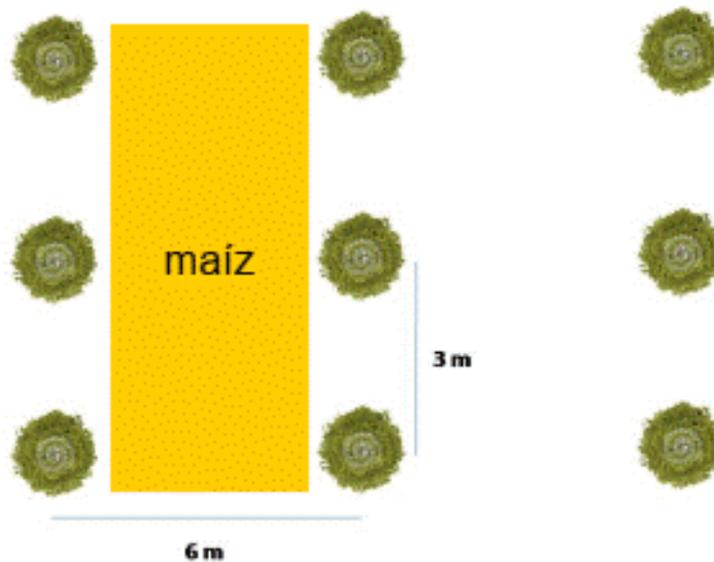
Fuente propia

Figura 7b. Sistema silvoagrícola, agrosilvícola o agroforestal. Álamo con alfalfa.



Fuente <https://inta.gob.ar/noticias/sistemas-agroforestales>.

Figura 8. Esquema de modelo agroforestal consociado de álamos o sauces con maíz para producción de granos o silaje de planta entera.



Fuente propia.

Durante esta etapa no deben ingresar animales a la forestación debido a que las hojas, tallos tiernos y corteza de álamos y sauces son apetecibles y podrían provocar daños irreversibles en los árboles (Casaubon, 2013; Thomas, 2015). Luego de esta etapa inicial y antes de que los niveles de luz sean limitantes para su implantación, se puede realizar la siembra de pasturas perennes, puras o consociadas, con festuca, pasto ovillo y tréboles, o verdeos invernales con avena, cebada, triticale y vicia para el pastoreo directo de los animales (Thomas et

al., 2012; Cancio et al., 2013). En el caso de los macizos con densidades iniciales intermedias (350 a 555 árboles/ha), deberá realizarse un raleo con el fin de favorecer el ingreso de luz y permitir la implantación de las pasturas.

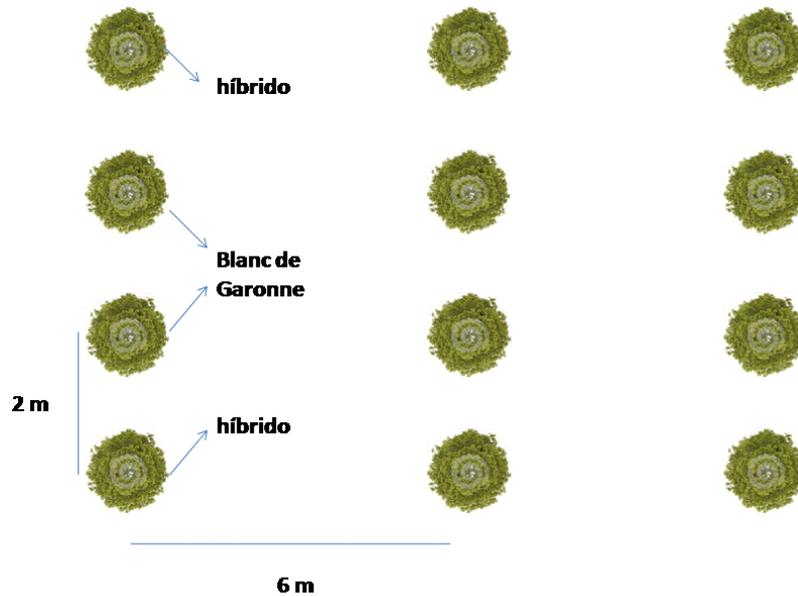
Una vez implantada las pasturas, cuando los árboles alcanzan 10-12 cm de DAP, es posible ingresar los animales a la forestación. En este momento, la producción de forraje se ve disminuida debido a la reducción de radiación que ingresa a través del dosel, generándose además ciertos efectos sobre el estrato herbáceo como cambios en la velocidad de rebrote, cambios en las características morfológicas de las plantas y disminución de la tasa de acumulación de materia seca, lo que provoca una mayor fragilidad del componente forrajero en comparación con la producción forrajera a cielo abierto. Debido a esto y a que las especies que prosperan con menor radiación son las gramíneas perennes, se debe diagramar con mayor cuidado los momentos de pastoreo. Por lo general, el aprovechamiento del forraje se realizará con categorías de menores requerimientos, generalmente vacas de cría o animales livianos en etapa de recría. En estos sistemas se contempla el aprovechamiento forrajero de las hojas del componente forestal además de lo producido por el estrato herbáceo. La utilización de las hojas puede realizarse a través de las podas aprovechando las hojas en verde durante la temporada de crecimiento, o durante el periodo en que caen al suelo cuando finaliza la temporada de crecimiento.

Una alternativa es la implementación de sistemas silvopastoriles con planteos ganaderos de cría vacuna u ovina, en el cual ingresan vacas u ovejas a pastorear debajo de la forestación. En este caso, la venta de terneros y corderos generará ingresos económicos desde aproximadamente el cuarto o quinto año y hasta la cosecha final. La carga animal se deberá ajustar en función de la reducción gradual de la oferta forrajera bajo dosel a través de los años producto de la disminución del ingreso de radiación.

En función de la oferta forrajera a lo largo del año, es posible planificar un pastoreo a fines de primavera para consumir el forraje acumulado en invierno y primavera, y otro pastoreo a fines del otoño que permita consumir el forraje acumulado en verano y otoño, sumando el aporte forrajero de las hojas de álamos y sauces caídas en esta estación del año (Cancio et al., 2013).

La elección de los clones de álamo o sauce estará en función, entre otros aspectos, de los objetivos productivos planteados durante el ciclo forestal. En estos modelos normalmente se planifica utilizar un solo clon de álamo o sauce, cuya elección estará en función del sitio a forestar y del tipo de rollizos demandados por las diferentes industrias regionales. Una alternativa es combinar dos o más clones que permitan cumplir con más de un objetivo a lo largo del ciclo forestal. Por ejemplo, se pueden intercalar dentro de las filas individuos de álamos híbridos euroamericanos (Conti 12, Guardi, I-214, Ragonese 22 INTA, Triplo) e individuos de álamo Blanc de Garonne (*P. nigra* 'Jean Pourtet'), con el objetivo de ralear los álamos Blanc de Garonne para obtener postes y permitir el crecimiento de los álamos híbridos para obtener madera rolliza en la cosecha final (Figura 9).

Figura 9. Esquema de modelo agroforestal combinando dentro de las filas clones de álamos híbridos euroamericanos y álamos Blanc de Garonne.



Fuente propia.

La factibilidad técnica de cada cultivo asociado y del planteo ganadero en los diferentes momentos del ciclo forestal estará en función del marco de plantación inicial, de la planificación de podas y eventuales raleos, y de la tolerancia a la sombra de cada cultivo en particular.

Sistemas silvopastoriles con pino ponderosa en Patagonia Norte

El pino ponderoso ha sido y sigue siendo la especie más utilizada en las forestaciones en Patagonia Norte. Utilizando el marco conceptual de interacciones ecológicas que ocurren entre los componentes de un sistema silvopastoril (SSP), se presentan a continuación resultados de diferentes investigaciones realizadas por el Grupo de Ecología del INTA Bariloche y se proporcionan pautas de manejo para SSP basadas en plantaciones de pino ponderosa establecidas sobre pastizales naturales de Patagonia Norte. Las pautas de manejo sugeridas se basan en procesos ecofisiológicos evaluados a nivel de planta y de rodal.

El área donde se pueden desarrollar los SSP corresponde a los distritos Subandino y Occidental (38° a 46°30'S) de la región fitogeográfica patagónica con altitudes entre 300 y 1800 msnm. (Leon et al., 1998). El clima es templado frío, húmedo hacia los Andes, con más de 1000 mm de precipitación anual, y subhúmedo en el extremo oriental (isoyeta de 400 mm). Las precipitaciones se concentran en otoño e invierno, lo que lleva a veranos secos con menos de 150 mm de precipitación (octubre a abril) (Paruelo et al. 1998).

Los pastizales naturales están dominados por tres de las nueve unidades de vegetación definidas por Paruelo et al. (2004): Estepa herbácea y estepa herbácea-arbustiva en posicio-

nes topográficas relativamente altas con productividades anuales entre 300 y 800 kg MS/ha/año y mallines o praderas en zonas bajas del terreno con disponibilidad de agua permanente o semipermanente y productividades variables entre 1500 y 6000 kg MS/ha/año. Las estepas herbáceas y herbáceo-arbustivas están dominadas por gramíneas perennes C3, especialmente, coirón blanco o dulce (*Festuca pallescens*) y coirón amargo (*Pappostipa speciosa*). Los principales componentes de los arbustos son las especies nativas de *Nassauvia* sp. y *Berberis* sp. Los mallines están dominados por hierbas exóticas como *Taraxacum officinale*, gramínoideas nativos como *Juncus balticus* y *Carex gayana*, la leguminosa introducida *Trifolium repens* y gramíneas C3, como *Phleum pratense* y *Holcus lanatus* y especialmente la exótica *Poa pratensis*.

Componente forrajero en SSP con pino ponderosa

Los sistemas silvopastoriles pueden tener mayores rendimientos en comparación con los monocultivos debido a una mayor captura de recursos y/o efectos de facilitación de los árboles sobre las especies del sotobosque (Huang y Xu, 1999). Numerosos estudios informan una disminución de la producción del estrato herbáceo a medida que crecen los árboles (Kellas et al. 1995; Ong et al., 2000) debido a la alta competencia por recursos de crecimiento como el agua y la radiación. Sin embargo, otros resultados han demostrado que la productividad del sotobosque puede aumentar bajo los árboles en determinadas circunstancias (por ejemplo, Belsky 1994; Holmgren et al., 1997). Los árboles pueden mejorar la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos (Joffre y Rambal, 1988) y la disponibilidad de nutrientes (Belsky, 1994). Además, al reducir los niveles de radiación que alcanzan el sotobosque, disminuyen la demanda evaporativa de las especies del estrato herbáceo (Breshears et al. 1997; Holmgren y col., 1997). Los árboles también amortiguan las temperaturas extremas en invierno y verano (por ejemplo, Garnier y Roy, 1988). El resultado neto de estos efectos sobre la productividad del estrato herbáceo dependerá de las características de la especie (Belsky, 1994; Pugnaire et al., 2011) y de la intensidad de los factores abióticos que condicionan el crecimiento (Callaway y Walker, 1997; Pugnaire et al., 2011).

Las mencionadas especies que componen los pastizales naturales de Patagonia Norte coexisten en varios sitios, pero debido a su diferente tolerancia al estrés abiótico, a veces ocupan diferentes nichos. *Pappostipa speciosa* es una especie heliófila resistente a la sequía (Nicora, 1978), mientras que *Festuca pallescens* es más sensible a la sequía (Nicora, 1978; Fernández, 2003). Por lo tanto, es factible que estas dos especies puedan responder de manera diferente a la presencia del dosel arbóreo y sus diferentes niveles de cobertura (Figura 10).

Figura 10. Sistema silvopastoril con pino ponderosa y pastizal natural de *Festuca pallescens*. Forestación de 25 años, Valle Meliquina, Neuquén.

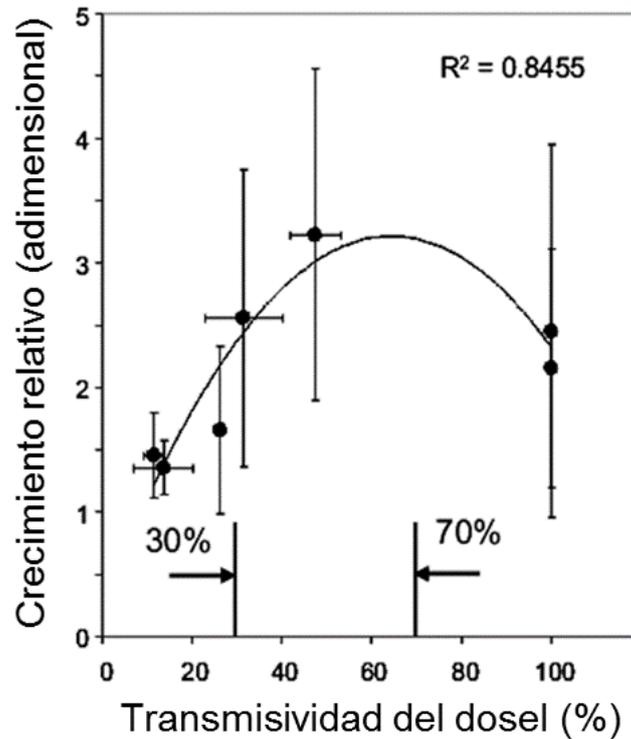


Fuente propia.

Estudios realizados a nivel de planta, mostraron que el crecimiento de *P. speciosa* disminuyó rápida y linealmente con el aumento de la cobertura arbórea (Fernández et al. 2002), mientras que el crecimiento de *F. pallescens* se mantuvo hasta niveles de cobertura arbórea próximos al 60-70% y luego disminuyó sensiblemente (Fernández et al. 2002; Caballé, 2013). En esos niveles de cobertura, la radiación que llega al sotobosque a lo largo de la temporada de crecimiento representó un 45 a 55% de la radiación incidente en zonas abiertas (Fernández et al., 2006; Caballé, 2013, Caballé et al., 2014). Así, en los sitios donde coexisten ambas especies, la presencia de estrato arbóreo de los SSP resulta en la sustitución de *P. speciosa* por *F. pallescens* (Fernández et al. 2005).

Ecológicamente, el efecto neto de los árboles sobre el crecimiento de *P. speciosa* es negativo (competencia neta). La radiación es el recurso de crecimiento más limitante para esta especie tolerante a la sequía y, por lo tanto, la competencia con los árboles domina las interacciones entre ambos estratos. En contraste, el balance neto de las interacciones de los árboles sobre el crecimiento de *F. pallescens*, tolerante a la sombra, puede ser nulo o positivo hasta niveles elevados de cobertura arbórea (Figura 11). Esto es más notorio entre las copas de los árboles en comparación con las posiciones debajo de la copa, ya que la sombra es más densa y la competencia por el agua entre las especies es menor en relación a la posición bajo copa (Fernández et al., 2006; Fernández et al., 2007).

Figura 11. Crecimiento relativo de *Festuca pallescens* en función de la transmisividad del dosel arbóreo. El valor 100% de transmisividad corresponde a zonas a cielo abierto. El crecimiento relativo representa la variación en la cantidad de macollos, la elongación foliar y el número de hojas verdes en una misma planta comparando la situación al inicio de la temporada de crecimiento (octubre) con el final de la temporada (abril).



Fuente: Letourneau et al. (2010)

Estos resultados sugieren que *F. pallescens* es la especie más importante para el desarrollo de SSP con pino ponderosa en Patagonia Norte. Además, esta especie constituye más del 20% de la dieta del ganado doméstico y se distribuye ampliamente en la zona ecotonal (Pelliza Sbriller et al., 1984; Bertiller y Defosse, 1990; Somlo et al., 1997; Caballé et al., 2009). No obstante, los SSP con pino ponderosa sobre estos pastizales naturales de *F. pallescens* van a ser viables si los niveles de cobertura arbórea se mantienen durante todo el turno de corta o ciclo forestal en el rango presentado en la Figura 11. Si el nivel de cobertura excede el 60-70% predomina la competencia entre estratos y el estrato herbáceo comienza a deteriorarse. A diferencia de lo que ocurre en los SSP con Salicáceas en los Valles irrigados, donde se pueden implantar pasturas bajo el dosel, en la zona ecotonal de Patagonia Norte está práctica es irrealizable. Si se pierde el estrato herbáceo, no existe posibilidad de recuperarlo y el SSP se transforma en una plantación forestal convencional.

Silvicultura de pino ponderosa en sistemas silvopastoriles

Los estudios ecofisiológicos presentados en el apartado anterior, para *F. pallescens* creciendo bajo dosel de pino ponderosa, indican que el umbral crítico de cobertura del dosel, se ubicaría próximo al 70% (Caballé, 2013). Por encima de este nivel, el efecto facilitador que generan los árboles sobre el estado hídrico del estrato herbáceo se pierde debido a la fuerte competencia por radiación. El manejo silvícola, a partir de raleos y podas, permite regular los niveles de cobertura arbórea para no superar este umbral crítico. Esto se puede lograr mediante el uso de modelos de rendimiento y crecimiento forestal.

Piltriquitron (Andenmatten et al. 2007) es un modelo empírico desarrollado por INTA, para predecir específicamente el crecimiento y rendimiento del pino ponderosa en las condiciones de crecimiento de Patagonia Norte. Mediante el análisis de fotografías hemisféricas tomadas en 63 rodales de pino ponderosa distribuidos entre los 36° y 42°S (la mayor parte del área potencial de plantación de la especie en la Patagonia), se estimaron con precisión los parámetros de cobertura del dosel. Para cada rodal, mediante un inventario forestal, se estableció la relación entre sus parámetros estructurales y la cobertura arbórea obtenida en el análisis de la foto hemiesférica. El mejor ajuste, se encontró entre la apertura del dosel (% de cielo visible) y el índice de densidad relativa de Curtis. La densidad relativa de Curtis se basa en la relación entre el tamaño del árbol y el número de árboles por hectárea (Letourneau et al. 2010). Esta relación se utilizó en el modelo Piltriquitron y, considerando los umbrales críticos de cobertura arbórea necesarios para evitar la pérdida del estrato herbáceo, se simuló programas de raleo.

Las simulaciones mostraron que para un rodal plantado a 1111 árboles/ha en un sitio de calidad intermedia, era necesario realizar dos raleos para no exceder el umbral crítico del 70% de cobertura arbórea (Tabla 2). En la cosecha final a la edad de 33 años, el rodal tendría 75 árboles/ha con un DAP medio de 45 cm. Incluyendo los raleos, la producción total sería de 280 m³/ha.

Por otro lado, estudios de los efectos de la poda sobre el pino ponderosa han demostrado que la poda reduce la productividad, y esto se magnifica en los árboles que crecen a densidades altas (Gyenge et al. 2010). Esto implica que el umbral de poda (es decir, el porcentaje de copa viva podada) es inversamente proporcional a la densidad del rodal y la disponibilidad de recursos.

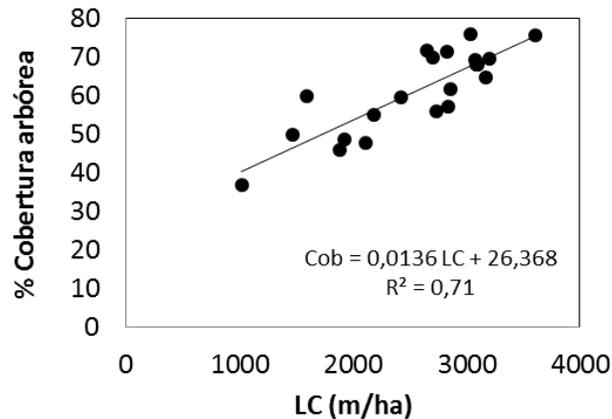
Tabla 2. Simulación de manejo forestal para SSP con pino ponderosa en distintas calidades de sitio manteniendo la cobertura arbórea por debajo del 70% evitando alcanzar el umbral crítico limitante para el desarrollo del estrato herbáceo de *F. pallescens*. IS (20): Índice de sitio, altura dominante promedio a los 20 años, Dg: Diámetro cuadrático promedio.

Índice de sitio IS ₍₂₀₎ (m)	1er Raleo	2do Raleo	Corta final	Producción comercial (m ³ /ha] > 15 cm punta fina	Producción bruta (m ³ /ha) incluye los raleos
18.6	13 años 1111 a 290 árboles/ha Dg = 13.9 cm	24 años 290 a 77 árboles/ha Dg = 34.0 cm	29 años 77 árboles/ha Dg = 45.6 cm	196	290
16.4	15 años 1001 a 248 árboles/ha Dg = 15.3 cm	29 años 248 a 68 árboles/ha Dg = 36.8 cm	33 años 68 árboles/ha Dg = 44.8 cm	195	287
13	18 años 1083 a 290 árboles/ha Dg = 13.9 cm	36 años 290 a 78 árboles/ha Dg = 33.6 cm	45 años 78 árboles/ha Dg = 45.3 cm	185	276

Fuente propia.

A manera orientativa, en la Figura 12 se muestra la relación existente entre el porcentaje de cobertura arbórea y los metros lineales de copa viva por hectárea de pino ponderosa. A partir de esta relación, tomando datos de inventario de altura total de los árboles y altura de inicio de copa, se pueden calcular en base a la densidad de la plantación, los metros lineales de copa viva y a partir de ese dato estimar el nivel de cobertura arbórea. Valores entre 1700 y 2000 metros lineales de copa viva por hectárea darían como resultado una cobertura arbórea próxima al 50%. Si se sobrepasa este valor se podrá optar por un nuevo levante de poda o por un nuevo raleo para no resentir la producción forrajera y viabilizar el sistema silvopastoril.

Figura 12. Relación entre el porcentaje de cobertura arbórea y largo de copa viva en metros lineales (LC m/ha) para pino ponderosa. El valor de referencia 50% de cobertura representa aproximadamente 1700 m/ha de copa viva.



Claramente, con el fin de mantener un dosel abierto durante toda la rotación, es necesario resignar producción de madera respecto a una producción puramente forestal (Tabla 2). En contrapartida, luego de un periodo inicial de 4 a 8 años de exclusión del ganado para evitar daños sobre los árboles, se podrían generar ingresos anuales por venta de productos de origen animal durante el resto del turno de corta, es decir, para el ejemplo anterior, durante 20 años se podrían combinar la actividad ganadera y forestal.

Crecimiento del pino ponderosa, productividad del rodal y calidad de la madera

A medida que los árboles de un SSP crecen, las relaciones ecológicas entre pastos y árboles cambian en magnitud y dirección. En el momento de implantación de los pinos, los pastos y arbustos presentes en el pastizal natural compiten durante algunas temporadas de crecimiento (de tres a cinco, según la disponibilidad de recursos, Letourneau y Andenmatten, 2007). A medida que los pinos se hacen más grandes, la competencia disminuye o se vuelve neutra. Los tratamientos de desmalezado o el pastoreo del pastizal natural previo al momento de implantación de los pinos pueden ser herramientas de manejo útiles para evitar la competencia inicial y permitir una correcta implantación del estrato arbóreo.

Es bien sabido, que el crecimiento en diámetro de los árboles disminuye en la medida que aumenta la densidad de manejo. En el caso particular de las plantaciones de pino ponderosa en Patagonia Norte, los árboles que crecen en SSP mostraron un crecimiento anual en diámetro 2,5 a 3 veces mayor que árboles de plantaciones densas con destino de producción de madera, de la misma edad creciendo en sitios similares (DAP: 18 y 6 mm/año, respectivamente,

Gyenge et al., 2010). En términos de productividad, los rodales de 15 años con 350 y 500 árboles/ha presentaron incrementos anuales de 14 y 19 m³/ha/año, respectivamente. Una plantación adyacente de la misma edad, no raleada, con 1300 árboles/ha tuvo un incremento anual de 13 m³/ha/año (Gyenge et al. 2010).

En relación a la calidad de madera del pino ponderosa se encontró que la densidad promedio de la madera no cambia para un rango importante de densidades de manejo, a pesar de las diferencias en las tasas de crecimiento anual (Martínez Meier et al. 2013). Sin embargo, fue posible determinar diferencias de densidad entre las porciones de madera temprana y madera tardía del anillo anual de crecimiento (Martínez Meier et al., 2013). Por el contrario, el aumento de la densidad de manejo presentó un efecto positivo sobre el Módulo de Elasticidad (MOE), una propiedad mecánica que define la rigidez de la madera y su aptitud para uso estructural. Rodales de pino ponderosa de 35 años de edad con 1300 árboles/ha presentaron un 30% más de MOE en relación a rodales de la misma edad con 100 árboles/ha, estructura deseable en un SSP de esa edad (Caballé et al., 2016).

Componente animal en SSP con pino ponderosa

La zona del ecotono estepa-bosque donde se pueden desarrollar los SSP con pino ponderosa es una estrecha franja de 50 km de ancho que se extiende a lo largo de la provincia de Neuquén, Río Negro y Chubut, entre los paralelos 36 y 42°S. En esta extensión se manifiestan diferentes sistemas de producción animal. Estos incluyen, producción caprina en la zona norte de Neuquén, actividad de cría extensiva ovina sobre sierras y mesetas hacia el E y cría y recría bovina en las zonas de precordillera o bosques andinopatagónicos. La información disponible sobre el componente animal bajo SSP con pino ponderosa es escasa. Existen antecedentes provenientes de la zona norte de la provincia de Neuquén, donde el sistema de producción tradicional es la ganadería de trashumante basada en la "cabra criolla".

Cabra criolla en SSP del norte Neuquino

La actividad caprina trashumante del norte neuquino, involucra aproximadamente a 1700 pequeños productores que utilizan las tierras altas de la Cordillera de los Andes como sitios de pastoreo de verano (veranada) y las estepas ubicadas hacia el E como sitios de invernada. El desarrollo de SSP, puede ser posible solo en los sitios de veranada. Las escasas precipitaciones, inferiores a 300 mm anuales, de los sitios esteparios de las invernadas, limitan el crecimiento del pino ponderosa. El período de veranada generalmente comienza los primeros días de diciembre y dura aproximadamente 120 días, hasta principios de abril. La ingesta diaria de materia seca de una cabra criolla se aproxima al 3% de su peso vivo, es decir, 1,2 kg MS. Si se contempla el consumo del 50% de la biomasa presente en el pastizal natural, la capacidad de carga animal de un SSP en estas áreas sería de 2 a 4 cabras/ha durante este período de veranada de cuatro meses (Figura 13).

Figura 13. Sistema silvopastoril basado en pastizales naturales, Pino ponderosa y “cabra criolla” en el norte de la provincia de Neuquén, Argentina.



Fuente propia.

Evaluaciones realizadas durante 3 años consecutivos en SSP en zonas de veranada, demuestran que el peso vivo y la condición corporal de las cabras durante todo el período de veranada, no se diferenció de los animales que pastorearon el mismo periodo zonas abiertas de pastizal natural (producción ganadera convencional). Sin embargo, las ganancias diarias de peso mostraron una tendencia favorable hacia los animales que pastorearon en el SSP. Los chivitos, “dientes de leche” (principal producto de estos sistemas de producción), duplicaron su peso durante el período de la veranada alcanzando pesos vivos de 23 a 26 kg en abril. Las cabras madres, recuperaron posparto entre 5 y 10 kg durante el periodo de veranada en el SSP. Estos valores no se diferenciaron de los obtenidos en el mismo periodo en animales en condiciones de producción tradicional. Tanto los animales del SSP como los del sistema de producción convencional salieron de la veranada con una condición corporal mayor a 2, umbral crítico requerido para recibir servicio durante la invernada siguiente.

Preferencia, dieta y daño al componente arbóreo por parte de la cabra criolla

El ramoneo y el pisoteo de los animales pueden causar graves daños a los árboles durante las primeras etapas de un SSP, e inclusive, en algunos casos, provocar la muerte de los árboles. La ingesta voluntaria de follaje, ramas o corteza responde a la capacidad física digestiva del animal, la preferencia de dieta, las demandas de energía, la calidad del forraje y la disponibilidad relativa de cada componente (Minson, 1990). Respecto a la preferencia de dieta, las cabras son menos

selectivas que los ovinos y bovinos, y su dieta generalmente incluye más especies leñosas (Animut et al. 2008). Por lo tanto, las cabras potencialmente pueden causar más daño a los árboles jóvenes en los sistemas SSP que otras especies de animales domésticos.

Se realizaron estudios de dieta en cabras criollas pastoreando en SSP con pino ponderosa, de edad juvenil, en los que al momento de ingresar los animales no se había realizado el primer levante de poda. La composición botánica de la dieta mostró un mayor consumo de árboles y arbustos (47%) respecto a gramíneas (30%), hierbas (17,4 %) y graminoides (5,3%). El componente de árboles y arbustos aumentó en los animales más jóvenes (dientes de leche y cabras de dos dientes), mientras que el componente de gramíneas fue mayor en los animales más viejos (4 o más dientes). El 80% del componente de árboles y arbustos en la dieta estuvo representado por las siguientes especies, en orden de importancia: *P. ponderosa* (13%), *Berberis sp.* (7%), *Nothofagus antarctica*, ñire (7%), *Chuquiraga sp.* (5,5%), *Ephedra sp.* (4%), *Adesmia sp.* (3%) y *Gaultheria sp.* (3%). El componente gramíneo estuvo representado por cuatro especies, en orden de importancia: *F. pallescens* (11%), *Poa sp.* (6%), *Rytidosperma sp.* (6%) y *Bromus setifolius* (3%). El componente hierbas, quedó representado por el único género presente, *Acaena sp.* Durante el período veranada, el 37% de la dieta de las cabras criollas estuvo compuesto por *F. pallescens*, *P. ponderosa* y *Acaena sp.*

La preferencia de dieta, considerada como la relación entre la proporción en la dieta de una especie y su disponibilidad en la zona de pastoreo, presentó el siguiente orden: 1- ñire (*N. antarctica*) especie arbórea nativa y el arbusto leguminoso *Anarthrophyllum rigidum*, llamado localmente “mata guanaco”, 2- la hierba *Acaena splendens*, 3- las gramíneas *Poa lanuginosa*, *Poa ligularis* y *F. pallescens*, localmente llamadas “coirones”, y 4- las acículas de pino ponderosa.

Si bien las acículas de pino ocuparon el cuarto lugar en la preferencia de dieta de las cabras, su contribución promedio a la dieta fue superior al 13% con un pico en febrero del 18%, momento en el que fue la especie vegetal más consumida. Esto se debe a su distribución espacial homogénea debido al marco de plantación y a la alta disponibilidad de este material (756 kg MS/ha). Esta cantidad de materia seca es aproximadamente el 70% de la materia seca total de los pastizales naturales bien conservados y más del doble de la materia seca presente en los pastizales degradados (Caballé et al., 2011).

El daño severo por ramoneo asociado con el consumo de acículas se verificó en árboles menores a 1,5 m de altura donde en algunos casos se produjo la muerte del ápice de la planta (Figura 14). Los árboles de más de 1,5 m de altura exhibieron defoliación parcial o total de las ramas basales y no presentaron ningún daño en los fustes luego de 120 días de pastoreo continuo. La frecuencia del daño sobre los pinos aumentó en la medida que el pastizal circundante presentaba indicios de degradación. En pastizales con abundancia de *A. splendens* y *P. speciosa* y más de 30% de suelo desnudo, el daño sobre los pinos fue elevado. Así, en SSP con pino ponderosa, las cabras deben introducirse una vez que los árboles superen 1,5 m de altura. Además, se debe prestar especial atención al estado de conservación de los pastizales. Dependiendo de la calidad del sitio, el período de exclusión de pastoreo necesario para que los árboles superen 1,5 m de altura puede ser de 2 a 6 años.

Figura 14. Daño severo por ramoneo de cabra criolla sobre pino ponderosa menor a 1,5 m de altura.



Fuente propia.

Calidad forrajera y disponibilidad de acículas de pino

Los pastizales naturales de Patagonia Norte, fuera de las áreas de mallines con alta productividad, tienen un marcado gradiente de producción definido principalmente por la disminución de las precipitaciones anuales en sentido O-E y la alta estacionalidad de las lluvias que se concentran principalmente en el invierno y principios de primavera. La producción primaria neta aérea está controlada durante el invierno por las bajas temperaturas y durante el final de la primavera y el verano por la disponibilidad de agua (Jobbagy y Sala, 2000). Estas condiciones climáticas hacen que la calidad nutricional de las principales especies forrajeras disminuya notablemente a medida que avanza la temporada de crecimiento y alcance únicamente para satisfacer las necesidades de mantenimiento del ganado doméstico (Somlo et al.; 1985).

El valor promedio de proteína bruta de las acículas verdes de pino ponderosa alcanzó valores cercanos a 9,2%, considerablemente más alto que la concentración promedio de 5,7% encontrada en las gramíneas perennes del pastizal natural (*Poa sp.*, *Agrostis sp.*, *Festuca sp.*, *Pappostipa sp.*) pero más baja que la encontrada en las hojas de los arbustos (12%), ya que la

mayoría son leguminosas (Caballé et al., 2009). Además, a diferencia de las gramíneas, donde la concentración de proteína bruta cae del 7,2% al 4,6% a medida que avanza la temporada de crecimiento, la proteína bruta de las acículas verdes del pino permaneció igual o incluso aumentó hacia el final de la temporada (Caballé et al., 2010).

Las diferencias encontradas en la concentración de proteína bruta entre las acículas de pino y las principales especies forrajeras del pastizal natural sugieren que el aporte del pino a la dieta de las cabras en el norte neuquino puede ser importante, especialmente al final de la estación seca cuando las gramíneas contienen solo la mitad de su concentración. Sin embargo, la digestibilidad de la materia seca de las acículas de pino (53%) es muy baja y similar a la digestibilidad de las gramíneas nativas de peor calidad como *Pappostipa speciosa* (Somlo et al. 1985). Esto está directamente relacionado con la alta concentración de lignina de las acículas de pino. La baja digestibilidad y el efecto negativo de los compuestos secundarios presentes en las acículas de pino sobre la microflora del rumen probablemente impiden que los animales aumenten la aún más la ingesta de acículas (Pfister et al. 1992).

Tabla 3. Calidad forrajera de las especies del pastizal natural y del pino ponderosa en SSP en el norte neuquino. FD: Fibra detergente ácida, PB: Proteína bruta, DMS: Digestibilidad de la materia seca.

Especies	Sitio	FDA (%)	PB (%)	DMS (%)
<i>Agrostis sp.</i>	Pastizal natural	3.8	6.8	67.5
	Sistema silvopastoril	4.3	7.0	65.2
<i>Festuca sp.</i>	Pastizal natural	7.1	5.4	56.5
	Sistema silvopastoril	7.8	5.2	54.7
<i>Poa sp.</i>	Pastizal natural	4.3	6.1	63.6
	Sistema silvopastoril	4.6	6.7	65.9
<i>Pappostipa sp.</i>	Pastizal natural	7.3	4.6	54.7
	Sistema silvopastoril	8.2	5.5	53.1
<i>Acaena splendens</i>	Pastizal natural	6.2	6.4	68.3
	Sistema silvopastoril	8.4	7.5	61.5
<i>Anarthrophyllum rigidum</i>	Pastizal natural	19.3	12.0	52.5
	Sistema silvopastoril	18.4	12.5	56.6
<i>Pinus ponderosa</i>	Sistema silvopastoril	15.6	9.2	53.3
<i>Nothofagus antarctica</i>	Pastizal natural	12.2	8.3	59.8

Fuente propia.

Referencias

- Acciaressi H.A., Marlats, R.M., Marquina J. (1993). Sistemas Silvopastoriles: incidencia de la radiación fotosintéticamente activa sobre la fenología y la producción estacional forrajera. *Invest. Agr., Sist. Recur. For.* Vol.2 (1), pp.19-30.
- Amico I. (2006). Viverización y cultivo de álamos y sauces en el noroeste de Chubut. Ediciones INTA. Bs As. 52 pp.
- Bava J. (2017). Inventario nacional de plantaciones forestales. Inventario de plantaciones forestales bajo riego. Región Patagonia.
- Belsky A. J. (1994). Influences of trees on savannah productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology* 75: 922–932.
- Bertiller M. and Defossé G. E. (1990). Grazing and plant growth interactions in a semiarid *Festuca pallescens* grassland (Patagonia). *Journal of Range Management* 43(4): 300-303.
- Breshears D. D.; Rich P. M.; Barnes F. J. and Campbell K. (1997). Overstorey-imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland. *Ecological Applications* 7: 1201-1215.
- Caballé G. (2013). Efecto interactivo de la defoliación del estrato herbáceo y la cobertura del estrato arbóreo sobre el crecimiento del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles. Tesis doctoral, EPG-FAUBA, UBA, 216 pp.
- Caballé G.; Borrelli L.; Avila M.; Castañeda S.; Inostroza L.; Muñoz O. y Reising C. (2011). Interacción planta-animal: la cabra criolla y su preferencia por el pino ponderosa. II Congreso Nacional Silvopastoril, Santiago del Estero, Argentina.
- Caballé G.; Dezzotti A.; Sbrancia R.; Stecher G.; Reising C.; Bonvissuto G.; Fernández M. E.; Gyenge J.; Schlichter T. (2009). Estudio de caso: Interacción entre el pastizal natural, la plantación de pino y el ganado caprino en el sistema silvopastoril experimental de Mallín Verde (Neuquén). Pp. 1-7, I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas, Misiones, Argentina.
- Caballé G.; Fernández M.E.; Gyenge J.; Lantschner V.; Rusch V.; Letourneau F. and Borrelli L. (2014). Chapter 5: Silvopastoral systems based on natural grassland and ponderosa pine in Northwestern Patagonia, Argentina. *Silvopastoral Systems in Southern South America*. Peri P. L.; Dube F.; Varella A. Ed. *Advanced in Agroforestry*, Springer Verlag. pp. 89-117.
- Caballé G.; Reising C. y Cohen L. (2010). Valor nutritivo y disponibilidad de materia seca de pino ponderosa en sistemas silvopastoriles. I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico, Coyhaique, Chile.
- Caballé G.; Santaclara O.; Jovanovski A.; Gonda H.; Diez J.P.; Almeida J.; Antonelli J.; Martínez Meier A.; Merlo E. (2016). Wood quality of *Pinus ponderosa* in silvopastoral systems in NW Patagonia, Argentina. Physical and acoustic evaluation. *World Congress Silvo-Pastoral Systems 2016*, Evora, Portugal. Andenmatten E.; Letourneau F. y Getar E. 2007 Simulador forestal para *Pseudotsuga Menziesii* (Mirb) Franco y *Pinus ponderosa* (Laws) en Patagonia

- Argentina. En: Gonda, H; Davel, M; Loguercio, G; Picco, O, (Eds) 1ra.Reunión sobre Forestación en la Patagonia. Ecoforestar 2007, Esquel, Chubut, Argentina.
- Callaway R. M. and Walker L. R. (1997). Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78: 1958-1965.
- Cancio H.; Thomas E. (2011). Utilización de una barreta hidráulica para la plantación de guías de álamos en los valles irrigados de Patagonia Norte. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 16 al 19 de marzo de 2011.
- Cancio H.; Thomas E. (2012). Producción de triticale en un sistema agroforestal con álamos bajo riego. 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo de 2012.
- Cancio H.; Thomas E. (2018). Utilización de hojas de álamo (*Populus x canadensis* Moench.) como recurso forrajero en sistemas silvopastoriles. 41° Congreso Argentino de Producción Animal. Mar del Plata, 16 al 19 de octubre de 2018.
- Cancio H.; Thomas E.; Caballé G. (2016). Producción de alfalfa en dos niveles lumínicos en un sistema silvopastoril con álamos euroamericanos. III Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. Puerto Natales, Chile, 14 al 16 de diciembre de 2016.
- Cancio H.; Thomas E.; Montero E. (2013). Disponibilidad de forraje de *Dactylis glomerata* en otoño en sistemas silvopastoriles con álamos híbridos. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur - 2° Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. El Calafate (Santa Cruz), 16 al 18 de mayo de 2013.
- Casaubon E. (2013). Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles. Efecto de la edad del material de multiplicación y manejo del pastoreo con bovinos. M.Sc. thesis. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano. Facultad de Agronomía. Buenos Aires. Argentina.
- Casaubon E., Casado, M.; Gurini L.; Cerrillo T.; Corvalan G.; Gamietea I.; Fernandez M.; Ravalli J. (2017). Valor forrajero de hojas de sauce (*Salix* spp.) y del pastizal natural en el Delta del Paraná. 40° Congreso Argentino de Produccion Animal. Córdoba, 6 al 9 de noviembre de 2017.
- Casaubon E.; Cueto G.; González A.; Spagarino C.; S. Ortiz. (2005). Resultados preliminares de dos ensayos orientativos de épocas de poda en *Populus deltoides* cv Stoneville 67 en el bajo delta bonaerense del Río Paraná. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, septiembre de 2005.
- Casaubón E.; Peri P.; Cornaglia P.; Carou N.; Cueto G. (2012). Valor forrajero de hojas de álamo en el bajo delta del Río Paraná. Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero. Argentina. ISBN 978-987-679-123-6.
- Cortizo S.; Cerrillo T.; Thomas E.; Monteverde S. (2016). Subprograma Salicáceas (*Salix* y *Populus*). En Libro: Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales. Martín A. Marcó et al. Componente Plantaciones Forestales Sustentables del Proyecto de Manejo Sustentable de Recursos Naturales BIRF 7520. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. Unidad para el Cambio Rural (UCAR). 10 422 pp.
- Davel M.; Arquero D. (2015). Evaluación de la intensidad de poda en plantaciones de álamos en Patagonia Norte. *Revista Patagonia Forestal*, junio 2015. CIEFAP.

- Douglas G. B., A. S. Walcroft, S.E. Hurst, J.F. Potter, A.G. Foote, L.E. Fung, W.R.N. Edwards and C. van den Dijssel. (2006). Interactions between widely spaced young poplars (*Populus* spp.) and introduced pasture mixtures. *Agroforestry Systems*, vol. 66, no. 2, pp. 165–178.
- Esquivel, J. (2017). Sistemas silvopastoriles: un aporte a la ganadería carbono neutro. XXXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, 5 y 6 de octubre de 2017.
- FAO (1980). Los álamos y los sauces. Colección FAO: Montes N°10. Roma. 349 p.
- Farrell J.G.; Altieri M.A. (1999). Sistemas agroforestales. En: *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Altieri M.A. (ed). Editorial Nordan Comunidad. Montevideo, Uruguay. pp. 229-243.
- Fernández M. E. (2003). Influencia del componente arbóreo sobre aspectos fisiológicos determinantes de la productividad herbácea en sistemas silvopastoriles de la Patagonia Argentina. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Comahue. 240 pp.
- Fernández M. E.; Gyenge J. E. and Schlichter T. M. (2006). Growth of the grass *Festuca pallescens* in silvopastoral systems in a semi-arid environment, Part 1: Positive balance between competition and facilitation. *Agroforestry Systems* 66 (3): 259-269.
- Fernández M. E.; Gyenge J. E. and Schlichter T. M. (2007). Balance of competitive and facilitative effects of exotic trees on a native Patagonian grass. *Plant Ecology* 188 (1): 67-76.
- Fernández M. E.; Gyenge J. E.; Dalla Salda G. and Schlichter T. M. (2002). Silvopastoral systems in NW Patagonia: I. growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforestry Systems* 55: 27-35.
- Fernández M. E.; Rusch V.; Gyenge J. E. y Schlichter T. M. (2005). La heterogeneidad de la vegetación en plantaciones forestales en el N.O. de la Patagonia. In: *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León*. Ed. M. Oesterheld, M. Aguiar, C. Ghersa, J. Paruelo. F.A.U.B.A., Buenos Aires, Argentina. pp: 413-428. ISBN: 950-29-0902-X
- Fernández Tschieder E.; Borodowski E.D.; García Cortés M. y Signorelli A. (2011). Efecto de la intensidad de raleo sobre el crecimiento de *Populus deltoides*. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquen, 18 al 21 de marzo de 2011.
- García J.; Aguerre, M.; Denegri G.; Acciaresi G. (2017). Aplicación del sistema de valor a la planificación del desarrollo de las cadenas forestoindustriales de álamos ubicadas en el norte de la Patagonia argentina. *Revista DELOS. Desarrollo Local Sostenible*; vol. 10, N°29, 16 p.
- García J.; Serventi N. (2006). Situación actual y perspectivas del cultivo de Salicáceas bajo riego en Patagonia. *Disertación. Jornadas de Salicáceas 2006*. Buenos Aires, 28 a 30 de septiembre de 2006.
- Garnier E. and Roy J. (1988). Modular and demographic analysis of plant leaf area in sward and woodland populations of *Dactylis glomerata* and *Bromus erectus*. *Journal of Ecology* 76: 729-743.
- Gyenge J.; Fernández M. E.; Schlichter T. M. (2010). Effect of stand density and pruning on growth of ponderosa pines in NW Patagonia, Argentina. *Agroforestry Systems* 78(3): 233-241. DOI: 10.1007/s10457-009-9240-z.

- Holmgren M.; Scheffer M.; Huston M. A. (1997). The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology* 78(7): 1966-1975.
- Huang W. and Xu Q. (1999). Overyield of *Taxodium ascendens*-intercrop systems. *Forest Ecology and Management* 116: 33-38.
- Jobby E. and Sala O. (2000). Controls of grass and shrubs aboveground production in the Patagonian steppe. *Ecological Applications* 10: 541-549.
- Jockers E.; Ortiz S.; Thomas E.; Escobar G. (2019). Utilización de hojas de álamo en la alimentación de ovejas de refugio durante el otoño-invierno en el Alto valle de Río Negro. V Congreso del Foro de Universidades Nacionales para la Agricultura Familiar. Cinco Saltos, 15 y 16 de mayo de 2019.
- Joffre R. and Rambal S. (1988). Soil water improvement by trees in the rangelands of southern Spain. *Oecologia Plantarum* 9: 405-422.
- Kellas J. D.; Bird P. R.; Cumming K. N.; Kearney G. A. and Ashton A. K. (1995). Pasture production under a series of *Pinus radiata*-pasture agroforestry systems in South-west Victoria, Australia. *Australian Journal of Agriculture Research* 46: 1285-1297.
- Lassig J. y Palese C. (2011). Cortinas forestales: nuevos aspectos fluidodinámicos. Disertación. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 18 al 21 de marzo de 2011.
- León R. J. C.; Bran D; Collantes M.; Paruelo J. M.; Soriano A. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8: 125-144.
- Letourneau F. J. y Adenmatten E. (2007). Crecimiento de Pino ponderosa en el corto y mediano plazo: respuesta a la remoción de vegetación en el sitio de plantación. En *Actas Ecoforestar 2007*, pp. 25-27.
- Letourneau F. J.; Caballé G.; Andenmatten E. y De Agostini N. (2010). Simulación de manejo silvícola en base a umbrales de cobertura en sistemas silvopastoriles compuestos por *Festuca pallescens* y *Pinus ponderosa*. I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico, Coyhaique, Chile.
- Martinez-Meier A.; Caballé G.; Dalla-Salda G.; Sarasola M. (2017). Proceso, producto y gestión de la madera de pino Ponderosa. 1a ed. - Bariloche, Río Negro: Ediciones INTA, 2017. 50 pag. Libro digital, PDF. ISBN 978-987-521-825-3Ñ.
- McWilliam E.L.; Barry T.N.; Lopez-Villalobos N.; Cameron P.N.; Kemp P.D. (2005). Effects of willow (*Salix*) versus poplar (*Populus*) supplementation on the reproductive performance of ewes grazing low quality drought pasture during mating. *Animal Feed Science and Technology* 119, 69–86.
- Montero E.; Thomas E. (2017). Evaluación de clones de *Populus deltoides* en forestaciones con riego por goteo en la meseta de Río Negro. Artículo de divulgación. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_evaluacion-de- clones-de-populus-deltoides-en-forestaciones-con-riego-por-goteo.pdf
- Montero E.; Thomas E.; Ortiz S.; Cerrillo T. (2017). Crecimiento de nuevos sauces en suelos salino-sódicos de los valles irrigados del norte de la Patagonia Argentina. V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, República de Chile, 13 al 17 de noviembre de 2017.

- Moore K.M.; Barry T.N.; Cameron P.N.; Lopez-Villalobos N.; Cameron D.J. (2003). Willow (*Salix* sp.) as a supplement for grazing cattle under drought conditions. *Animal Feed Science and Technology* 104, 1-11.
- Musi Saluj C. (2018). Caracterización climática del Valle Inferior del río Negro. INTA Valle Inferior de Río Negro. https://inta.gob.ar/sites/default/files/informe_climatologico_valle_inferior.pdf
- New Zealand Poplar & Willow Research Trust (2016). Poplar and willows as fodder. The benefits from pollarding poplars and willows to provide fodder. Fact sheet N°02 <https://beeflambnz.com/knowledge-hub/PDF/poplars-and-willows-fodder>
- Nicora E. G. (1978). Flora patagónica. Parte III: Gramíneas. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, Argentina, 563 pp.
- Nolting J. (2001). Agroforestería. Revista Rompecabezas tecnológico N° 30. INTA Alto Valle de Río Negro.
- Ong C. K. and Leakey R. R. B. (2000). Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with tree-grass interactions in tropical savannahs. *Agroforestry Systems* 45: 109-129.
- Paruelo J. M.; Beltrán A.; Jobbágy E. G.; Sala O. E. and Golluscio R. A. (1998). The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8: 85-101.
- Paruelo J. M.; Golluscio R. A.; Guerschman J. P.; Cesa A.; Jouve V. V. and Garbulsky M. F. (2004). Regional scale relationships between ecosystem structure and functioning: the case of the Patagonian steppes. *Global Ecology and Biogeography* 13: 385-395.
- Pelliza Sbriller A.; Bonino N. A.; Bonvissuto G.; Amaya J. N. (1984). Composición botánica de la dieta de herbívoros silvestres y domésticos en el área de Pilcaniyeu, Río Negro. Pp. 429-432 Revista IDIA, Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Peri P. (2011). Cortinas cortaviento en Patagonia sur: Revisión del conocimiento actual. Disertación. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén, 18 al 21 de marzo de 2011.
- Pfister J. A.; Adams D.; Randall C.; Wiedmeier D. and Cates R. G. (1992). Adverse effects of pine needles on aspects of digestive performance in Cattle. *Journal of Range Management* Vol. 45, N° 6: 528-533.
- Pincemin J.M.; Monlezun S.J.; Zunino H.; Cornaglia P.S. y Borodowski E. (2007). Sistemas Silvopastoriles en el Delta del Río Paraná: Producción de materia seca y estructura de gramíneas templadas bajo álamos. XX Reunión ALPA - XXX Reunión APPA. Cusco, Perú.
- Pugnaire F.; Armas C.; Maestre F. T. (2011). Positive plant interactions in the Iberian South-east: Mechanisms, environmental gradients, and ecosystem function. *Journal of Arid Environments* 75(12): 1310-1320.
- Rodríguez A.; Cancio H.; Montero E.; Thomas E. (2013). Acumulación térmica y emergencia de especies forrajeras bajo dosel de álamos bajo riego. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur - 2° Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. El Calafate (Santa Cruz), 16 al 18 de mayo de 2013.
- Rodríguez A.; Muñoz A. (2006). Síntesis Agrometeorológica para el período 1990-2004. EEA Alto Valle. Ed. INTA. Boletín Divulgación Técnica n° 53, 38 p.

- Serventi N. (2011). Las cortinas forestales en los valles irrigados de Norpatagonia. Disertación. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquen, 18 al 21 de marzo de 2011.
- Somlo R. (1997). Atlas dietario de herbívoros patagónicos. Prodesar INTA GTZ. 109 pp.
- Somlo R.; Durañona C. y Ortiz R. (1985). Valor nutritivo de especies forrajeras patagónicas. Revista Argentina de Producción Animal Vol 5, N° 9-10: 588-603.
- Sozzi G.O. (2007). Árboles Frutales: Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 805 p. ISBN 950-29-0974-7.
- Tassara M. (2005). Defensa contra heladas. Revista Fruticultura y Diversificación N°45, pp.20-28. Ediciones INTA Alto Valle.
- Thomas E. (2015). Cultivo de álamos y sauces. Plantación de cortinas rompevientos y macizos. Cartilla. Ediciones INTA Alto Valle.
- Thomas E.; Cancio H.; Boetto C.; Caballé G. (2016). Valor nutricional de pasto ovillo y trébol blanco en sistemas silvopastoriles con álamos y sauces. V Jornadas Forestales Patagónicas - III Jornadas Forestales de Patagonia Sur. Esquel, 9 al 13 de noviembre de 2016.
- Thomas E.; Cancio H.; Menni F. (2013). Influencia de cultivos asociados sobre el crecimiento de álamos en sistemas agroforestales bajo riego. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur - 2° Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. El Calafate (Santa Cruz), 16 al 18 de mayo de 2013.
- Thomas E.; Cancio H.; Ortiz S.; Menni F. (2017). Influencia de los cultivos agrícolas consociados sobre el crecimiento de álamos en sistemas agroforestales bajo riego. V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, República de Chile, 13 al 17 de noviembre de 2017.
- Thomas E.; Cancio H.; Rodriguez A. (2012). Verdeo invernal en un sistema silvopastoril con álamos bajo riego. 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo de 2012.
- Thomas E.; Cerrillo T. (2014). Evaluación preliminar de nuevos clones de sauce en la región Norpatagónica. IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, 19 al 21 de marzo de 2014.
- Thomas E.; Cortizo S. (2014). Evaluación de clones de *Populus deltoides* en el Alto Valle de Río Negro. Jornadas de Salicáceas 2014. La Plata, 18 al 21 de marzo de 2014.
- Thomas E.; Cortizo S. (2014) "Nuevos genotipos de *Populus* permitirán aumentar la disponibilidad de clones para forestar en los valles del norte de la Patagonia". IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. La Plata, 18 al 21 de marzo de 2014.
- Thomas E.; Ferrere P. (2019). Estrés calórico: beneficios de los árboles en los sistemas ganaderos. Revista Fruticultura & Diversificación N° 83. Ediciones INTA EEA Alto Valle de Río Negro.
- Thomas E.; Garcés A. (2014). Evaluación del crecimiento inicial de clones de álamo en el norte de la Patagonia. Revista de la facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Vol. 46 (1): 241-246.

CAPÍTULO 11

Sistemas silvopastoriles en la Pampa Deprimida, interacciones y efectos sobre los componentes

Heguy, B; Bolaños, V.A.; Fernández, F.; Mendicino, L.

Sistemas silvopastoriles en Argentina

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son asociaciones de árboles maderables o frutales con animales y recursos forrajeros. Existen numerosas clasificaciones (Torquebiau, 1990) en las cuales tiene en cuenta el tipo de forestación (nativa o implantada), tipo de animal (ganado bovino, ovinos o herbívoros autóctonos) y el tipo de recurso forrajero (pastizal natural o pasturas implantadas). Los SSP implican coordinar diseños de plantación y prácticas silvícolas con la implantación de especies forrajeras o utilización de pastizales naturales, lo que genera diferentes tipos de interacciones y cierto nivel de competencia principalmente por agua, luz y nutrientes.

Los SSP son la modalidad de uso de la tierra más frecuente en amplias zonas de la Argentina que actualmente abarca 34 millones de hectáreas. Las regiones donde se encuentran más desarrollados estos sistemas son principalmente con bosques cultivados en Misiones, Corrientes, Neuquén y la zona del Delta bonaerense del río Paraná, mientras que su implementación en bosque nativo se concentra en la región Patagónica y Chaqueña. Los sistemas de pastoreo en los SSP de las diferentes regiones se diferencian por su grado de intensidad, desde los extensivos, caracterizados por largas extensiones de superficie y baja inversión de trabajo y capital hasta los intensivos, donde la incorporación de recursos y tecnologías permite principalmente mejorar la calidad y cantidad de forraje disponible para los animales (INTA, 2016).

En las provincias de Misiones y NE de Corrientes se concentra la mayor superficie forestal plantada con especies de rápido crecimiento del género *Pinus*, *Eucalyptus* y en menor medida otras latifoliadas como *Paulownia sp.*, *Melia sp.*, *Toona ciliata* y *Cordia trichotoma*. En Corrientes el desarrollo de los SSP, el pino híbrido se consocia con pasturas cultivadas, principalmente *Brachiaria spp.* y pastizales naturales, es una de las principales provincias con bosques cultivados del país con 6 millones de hectáreas de pastizales con ganadería pastoril. El sistema tradicional de cría en la provincia evolucionó a sistemas integrados de cría, recría e invernada. Inicialmente, la integración de los sistemas forestales y ganaderos estaba acotada al uso del ganado con el único fin de eliminar el material combustible y abarcaba solo el 25 por ciento del ciclo forestal. Luego, los productores ganaderos adoptaron los SSP como una alternativa para diversificar y mejorar la rentabilidad del sistema tradicional. Hoy, la provincia cuenta con alre-

dedor de 30 mil hectáreas bajo SSP compuestos por sistemas ganaderos de cría y/o recría y, en algunos casos, de ciclo completo. El desempeño productivo en términos de ganancias de pesos y reproductivos observados en los SSP son superiores a los sistemas ganaderos tradicionales para engorde de novillos (INTA, 2016). En Misiones el 20 por ciento de la superficie total forestal corresponde a los SSP, de las cuales los productores familiares representan el 15 por ciento, unas 50 mil hectáreas. Los productores familiares lo han adoptado por las numerosas ventajas tales como la reducción del estrés calórico de los animales por efecto de la sombra de los árboles y la obtención de madera de grandes dimensiones. También porque notaron el incremento de la productividad forrajera y su concentración proteica, como así también la disminución de los riesgos de incendio por el pastoreo, y un efecto menor de las heladas y sequías prolongadas sobre la pastura o pastizal (SIPIF, 2010).

En los bosques patagónicos de *Nothofagus antarctica* (ñire) se utilizan como SSP de manera extensiva (Peri, 2005). Existen evidencias que estos sistemas presentan ventajas comparativas a los sistemas ganaderos o forestales puros en el aspecto productivo, ambiental y social (Gargaglione et al., 2015; INTA, 2016). Aproximadamente el 70 por ciento de los bosques de ñire en la Patagonia tienen un uso silvopastoril con un escaso manejo integral en los establecimientos (ver Capítulo 6). De la superficie total forestada, la mayor actividad de la SSP con plantaciones se desarrolla en Neuquén. Entre las ventajas percibidas por los productores se destacan la protección que provee al ganado de los fuertes vientos o bajas temperaturas (principalmente en época de parición) y el aporte de forraje de calidad (Gargaglione et al. 2015; INTA, 2016).

La región Parque Chaqueño es la región forestal más grande del país donde se encuentran modalidades con poco manejo y planificación como la ganadería a monte que consiste, simplemente, en hacer pastar o ramonear los animales en el bosque nativo (ver Capítulo 6). Estas prácticas, repetidas durante décadas, alteran la estructura del bosque por su efecto directo sobre la regeneración, la calidad del suelo y el funcionamiento del ecosistema. En el otro extremo, se han difundido notablemente prácticas de alta intensidad en remoción de biomasa leñosa, como el desmonte selectivo con siembra de especies forrajeras megatérmicas con el fin de incrementar la producción de carne bovina. Este tipo de uso altera significativamente la estructura del bosque por dejar en pie árboles de las clases de tamaño mayores, no tiene en cuenta la reposición del estrato arbóreo ni la biodiversidad del ecosistema, y se suman prácticas que le dan mayor intensidad al tratamiento como repasos de rolados, agroquímicos y fuego. Se estima que existen alrededor de 6 millones de hectáreas que tienen algún tipo de uso silvopastoril, entre esos extremos (INTA, 2016).

En la provincia de Buenos Aires la región del Delta del Paraná cuenta con unas 80 mil hectáreas, de las cuales 60 mil se encuentran bajo manejo y otras 48 mil con potencial uso silvopastoril. El ingreso del ganado a las forestaciones de salicáceas de las islas del delta es una técnica ancestral; inicialmente, el pastoreo bajo plantaciones forestales se utilizaba para reducir la vegetación herbácea espontánea, minimizando el riesgo de ocurrencia de incendios de pastizales y forestales (INTA, 2016). Los pastizales del Delta presentan una gran riqueza florística,

constituyendo la principal fuente forrajera para los diferentes sistemas ganaderos de producción de carne (cría y ciclo completo) que se desarrollan en la región. El disturbio provocado por el pastoreo de ganado vacuno en las pasturas naturales espontáneas facilitó la instalación de especies valiosas desde el punto de vista forrajero (Casaubon et al., 2015). En esta región se ha comprobado que el establecimiento de árboles puede tener múltiples efectos sobre la producción y la biodiversidad de pastizales. Más allá de la diversificación de la producción, las plantaciones de especies forestales deciduas pueden llegar a albergar una buena fuente de forraje en su sotobosque, capaz de complementar a la de los pastizales naturales no forestados en calidad y cantidad y podrían favorecer a las especies invernales del estrato herbáceo, mejorando la disponibilidad de forraje en el período más crítico del año (del Clavijo et al., 2005) (ver Capítulo 7).

Interacciones entre los recursos forrajeros y los árboles

Entre los factores que en mayor medida determinan los procesos de competencia de ambos estratos, herbáceo y arbóreo están la luz seguido por la humedad y los nutrientes. Mientras que el primero afecta el crecimiento del estrato herbáceo los restantes determinan el comportamiento del componente arbóreo, aumentando la mortalidad durante el establecimiento y luego disminuyendo el crecimiento (Mead, 2009). En este sentido, el diseño y el manejo de densidad del rodal son los dos parámetros utilizados en el manejo de la competencia, principalmente por luz. El término pastura se define como la comunidad vegetal donde los árboles están ausentes o sólo presentes de manera esporádica y donde predominan las especies herbáceas (no leñosas), especialmente las gramíneas o pastos (Carillo, 2003). La habilidad de las especies para persistir y prosperar en una comunidad depende en gran medida de sus interacciones con otras especies. Entre ellas, la competencia es aquella interacción entre individuos debida a los requerimientos compartidos de un recurso cuya oferta es limitada que tiene efectos negativos sobre la supervivencia, crecimiento y/o producción de al menos uno de los individuos involucrados (Connell, 1990). La competencia por la luz puede llegar a influir negativamente sobre el valor nutritivo del forraje (Lin et al., 2001). Los factores ambientales como el sombreado provocan cambios en la distribución de nutrientes dentro de las plantas (An y Shangguan, 2008). En un recurso forrajero en fase de desarrollo vegetativo la distribución foliar del nitrógeno acompaña al gradiente de luz y entonces maximiza la fotosíntesis del canopy. Esta partición de nitrógeno, dependiente de la disponibilidad de luz, es beneficiosa porque la ganancia marginal de carbono por unidad invertida de nitrógeno es mayor a mayores niveles de irradiancia, para un dado contenido de nitrógeno (Hikosaka y Terashima, 1995). Los efectos del sombreado sobre la calidad del forraje podrían ser contrapuestos. En particular, las gramíneas responden al sombreado asignando más carbohidratos a la elongación de entrenudos y menos al crecimiento de las raíces. Como los tallos poseen una mayor proporción de componentes de la pared celular respecto de las hojas, estos son comparativamente menos digestibles que los del contenido celular (An y Shangguan, 2008).

El otro efecto del sombreado sobre la calidad del forraje consiste en el aumento del área foliar específica (AFE). Este aumento del AFE en ambientes sombreados coincide con una disminución del contenido hídrico y la densidad de sus tejidos, al mismo tiempo que aumentan el grosor de sus láminas foliares y el mesófilo (Meziane y Shipley, 1999). Por lo tanto, dado que el mesófilo es altamente digestible y los otros tejidos se degradan más lentamente al aumentar AFE el sombreado aumentaría la calidad del forraje, provocando un efecto contrario al de la elongación de los entrenudos antes mencionado. Dentro de las especies templadas tolerantes a la sombra se encuentran el pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), cebadilla criolla (*Bromus catharticus*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) (Maddaloni y Ferrari, 2005).

Efecto del árbol en el animal

Los sistemas de producción bovina en el país tienen gran importancia económica, se realiza en una amplia área del territorio nacional y en diferentes agroecosistemas. Las variables climáticas particulares de cada zona agroecológica como temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos pueden afectar negativamente el desempeño de animales que no están adaptados a estas condiciones.

Las condiciones climáticas en que viven los animales pueden limitar su desempeño productivo y reproductivo, incluso pueden ser un factor de riesgo para la presentación de enfermedades. Los bovinos son animales homeotermos, tienen un rango de temperatura ambiente o zona confort en el cual pueden vivir, producir y reproducirse adecuadamente. La zona confort o zona de termoneutralidad varía según el tipo de raza o composición racial del animal, razas Bos Taurus presentan rangos entre 5 y 20° C (Cowan et al., 1993), mientras que en razas Bos Indicus, el ideal está entre 10 y 27°C. Los animales disipan el calor corporal mediante mecanismos como conducción, convección, radiación y evaporación, si estos mecanismos no son suficientes se inician cambios fisiológicos como la reducción del consumo voluntario de alimento y cambios metabólicos (secreción hormonal). Si los mecanismos no son suficientes para controlar la termorregulación el animal puede morir (Fraser et al., 1990; Johnson, 1987).

La temperatura es el principal factor en el estrés calórico, está asociada con la humedad relativa y radiación solar que afectan la disipación de calor del animal al ambiente (Johnson, 1987) en agroecosistemas húmedos este efecto es mayor y por ello se deben analizar estas variables a lo largo del año para determinar épocas críticas que pueden limitar el desempeño de los animales (Navas, 2008). Según Armendano et al. (2020) la intensidad y frecuencia de exposición a condiciones de estrés calórico (EC) en bovinos para carne en la provincia de Buenos Aires se ha incrementado entre 1980 y 2017, con un aumento acentuado en la última década analizada; principalmente en diciembre, enero y febrero registrándose el mayor incremento en diciembre y febrero. A su vez, se proyecta un aumento de la intensidad y de la frecuencia de exposición a condiciones de EC en el futuro cercano (2015-2039) y serían más evidentes en el futuro lejano (2075-2099).

El uso de árboles en los sistemas ganaderos tiene múltiples funciones; fuente de alimentación animal, recuperación de la fertilidad del suelo, regulador del balance hídrico, fijador de CO₂, entre otros; pero un efecto muy importante es la generación de microclimas en los potreros a través de las copas, permitiendo a los animales reducir el estrés calórico. Bajo la copa de los árboles se ha encontrado reducciones de temperatura entre 2 a 9° C con relación a la encontrada en áreas abiertas (Wilson y Ludlow, 1991; Reynolds, 1995).

Los sistemas silvopastoriles, a través de la producción de sombra, reducen el estrés calórico, Pezo e Ibraim (1998) mencionan tienen efectos positivos sobre el consumo voluntario: más tiempo de rumia y pastoreo mayor consumo, la producción de carne y/o leche: incremento en la eficiencia de conversión de alimentos e incrementos en la producción, en la reproducción: mayor calidad seminal, mayor tasa de concepción, menores pérdidas embrionaria, entre otras. Este efecto es mayor en animales de razas Bos Taurus las cuales tienen menor tolerancia a las condiciones tropicales. En el sur de Misiones el pastoreo con vacunos bajo dosel de *Grevillea robusta* A. Cunn. se logró como mínimo el doble de carga y con una mayor disponibilidad forrajera que en un pastizal a cielo abierto. Sin ningún tipo de suplementación en la dieta, sobre pastizal natural bajo dosel fue posible obtener ganancias de peso del orden 0,4-0,5 kg/animal/día/año. La región puede y tiene la posibilidad de pasar de ser zona de cría a zona de engorde (Lacorte et al., 2003; Lacorte et al., 2009).

Efectos del árbol en los pastizales de la Pampa Deprimida

Los pastizales de la Pampa Deprimida se destacan por tener alta heterogeneidad espacial, riqueza y diversidad florística (Vervoort, 1967; León, 1975) que le confieren su capacidad de resiliencia, estabilidad y eficiencia (Cahupé et al., 1985). Casi toda la riqueza florística presente se corresponde a especies herbáceas, algunas menos semi arbustivas y, escasa presencia arbórea concentrada en los cordones de conchilla o las terrazas del Río Salado (Vervoort, 1967). Dentro del pastizal se ha podido distinguir diversas asociaciones florísticas específicas (León et al. 1979) y estas fueron ordenadas dentro de grandes grupos de vegetación que integran ambientes claramente definidos y distinguibles, tanto por la vegetación específica propia como por su relación con ciertos rasgos edáficos (Burkart et al. 2005).

La matriz del paisaje presenta un tapiz vegetal de similar fisonomía, pero con variaciones sutiles en el color entre diferentes áreas de vegetación, como si fuese un mosaico de distintas tonalidades. Dicha variación colorimétrica es el reflejo de diferencias en la composición específica de plantas y/o de fase fenológica que circunscriben determinadas asociaciones vegetales. Esta asociación de plantas creciendo juntas en un lugar concreto y con manifiesta afinidad entre sí, encaja con la definición de comunidad vegetal (Clements, 1928). Las asociaciones de plantas que se encuentran creciendo juntas en un ambiente con mayor frecuencia de lo que sería esperable se debe a que dichas especies comparten cierto grado de solapamiento de nicho y similar habilidad para resistir ante regulador/es ambiental (ej.: alcalinidad y/o salinidad,

anegamiento) y/o evento/s de disturbio ya sea generado por actividad de animales, el hombre o la naturaleza (ej. pastoreo, labranza, incendios).

La condición de marginalidad del componente árbol en el pastizal de la Pampa Deprimida fue documentado desde hace tiempo por muchos ecólogos e investigadores. Factores ambientales como el balance hídrico negativo durante el periodo estival, la influencia de fuerte reguladores ambientales como anegamiento, salinidad y/o sodicidad y la presencia del disturbio de herbivoría por pequeños mamíferos e insectos, serían los principales factores responsables de frenar la sucesión del pastizal hacia un estado con mayor presencia de árboles (Vervoort 1967; Lemcoff 1992). Las evidencias recopiladas sugieren que los principales disturbios modeladores de la vegetación en la historia evolutiva del pastizal de la Pampa Deprimida fueron la sequía y/o el fuego (Barrera y Frangi 1997) junto con la inundación. No obstante, ciertos autores sostienen que la adaptación de las plantas a ambos factores (sequía y fuego) pudo haber resultado en la exaptación de la vegetación al pastoreo (Milchunas et al. 1988) consecuentemente algunas de las especies nativas serían tolerantes o incluso podrían verse favorecidas ante un moderado pastoreo, pero en general son vulnerables ante uno intenso (Milchunas et al. 1988). La incorporación del pastoreo de grandes herbívoros al pastizal Pampeano (hace poco más de doscientos años) llevó a la introducción de al menos tres grandes efectos directos que el animal genera sobre el componente planta: el pisoteo, las deyecciones y la defoliación. Estos efectos directos suponen cambios en el ambiente en el sentido de mayor apertura del conopeo y disponibilidad de luz, mayor temperatura y amplitud térmica del suelo, mayor mineralización y aumento en la evaporación y flujo vertical del agua. En la actualidad y luego de una historia de pastoreo de grandes herbívoros sumamente corta (en términos de escala temporal evolutiva), la evidencia indica que el disturbio pastoreo ha afectado cuantiosamente la composición florística del pastizal (Chaneton et al. 1988, 2002); su productividad (Rusch et al., 1997) y calidad forrajera forrajera (Cahuepé et al., 1985), balance hídrico (Alconada et al 1993), dinámica de la mineralización (Garibaldi et al 2007), fertilidad química y física del suelo (Lavado y Taboada 1987; Alconada 1991; Piñeiro et al 2009; Taboada y Micucci 2009).

Los pastizales naturales de todo el mundo han sido afectados por diversos disturbios como la agricultura, el pastoreo doméstico, fuegos programados, drenajes controlados, la incorporación de fertilizantes, herbicidas y la extracción de materia orgánica. La magnitud de la alteración alcanzada por un disturbio y las probabilidades de su reversibilidad dependen en gran medida del tipo, intensidad y duración del disturbio, como así también de la fragilidad de la comunidad y su capacidad de resiliencia (Holling, C.S., 1973). La presencia del componente árbol en el pastizal de la Pampa Deprimida es posible en la medida que se hayan superado, con los debidos aportes de energía, los principales filtros naturales existentes (salinidad y/o sodicidad, sequía, anegamiento y herbivoría). La incorporación del componente árbol supone un disturbio determinante de cambios en la estructura y funcionamiento del ecosistema natural de estos pastizales. Los principales cambios esperables en el ambiente serían la menor disponibilidad de luz, menor temperatura y amplitud térmica del suelo, menor tasa de mineralización, aportes de biomasa vegetal, competencia por recursos como

luz, agua y nutrientes. Muchos de estos efectos son del mismo orden, pero de signo contrario a los generados por el disturbio pastoreo.

Dentro de los recursos disponibles para el crecimiento y desarrollo del estrato herbáceo del pastizal de la Pampa Deprimida la luz no resultaría un factor limitante bajo condiciones normales (Soriano et al. 1992). En parcelas excluidas al pastoreo por más de diez años el conopeo alcanzó como altura promedio 160 cm y la intensidad de luz incidente al ras del suelo se redujo entre un 50 y 80 % respecto fuera de la exclusión donde la humedad del suelo fue menor y mayor la temperatura y amplitud térmica. La composición de la vegetación dentro de la exclusión mostró una disminución del grupo las especies C4 postradas por el grupo de las erectas C3 perennes y C3 anuales, quienes pasaron a ser dominantes y acompañadas por un segundo estrato superior de latifoliadas semi arbustivas (Rodríguez et al. 2003). La evidencia sugiere que hay una respuesta especie específica a los cambios en la disponibilidad de recursos y que estaría asociado a los regímenes de pastoreo (Altesor et al. 2017). Esto es, las especies asociadas a regímenes altos de pastoreo estarían mejor adaptadas a microhábitat con alta luminosidad, toleran mejor el déficit hídrico y poseen mayor capacidad de reasignar fotoasimilados, en tanto que las especies asociadas a los regímenes bajos de pastoreo estarían mejor adaptadas a microhábitat con menor luminosidad, más fértiles y húmedos (Tilman 1988; Altesor et al. 2017). Al comparar la composición de la vegetación del estrato herbáceo entre parcelas con y sin estrato arbóreo las especies del grupo C3 fueron predominantes en los sistemas silvopastoriles respecto al sistema tradicional (del Clavijo et al. 2005). La respuesta de las especies a la disponibilidad de recurso relacionada al régimen de pastoreo generaría un conflicto de intereses en los sistemas silvopastoriles porque en dichos sistemas las condiciones de microhábitat asemejara al de una exclusión, pero dicha condición no es consecuencia de un menor régimen de pastoreo sino a la presencia del estrato arbóreo. Las gramíneas asociadas a bajos regímenes de pastoreo requieren un adecuado manejo del pastoreo de lo contrario se perderían del staff con un consecuente reemplazo por latifoliadas sin valor forrajero. Esto pone en evidencia que los sistemas silvopastoriles en los pastizales de la Pampa Deprimida deben afrontar dos grandes desafíos. Por un lado y como se dijo al comienzo de este apartado, la presencia del estrato arbóreo sólo será posible en la medida que se hayan superado los principales filtros naturales existentes y el segundo, tendrá que ver con el manejo del rodal y un adecuado manejo del pastoreo del estrato herbáceo. La evidente complejidad que supone llevar adelante adecuadamente este tipo de sistemas, demanda que se amplíe la base de información y conocimiento respecto a las componentes: pastizal, árbol, animal, suelo, agua, hombre (manejo) y sus interacciones.

El monte de reparo en sistemas ganaderos en la pampa

Si bien en la Pampa Deprimida los SSP no se encuentran muy difundidos, el árbol juega un rol fundamental en los montes de reparo y/o cortinas rompevientos (ver capítulos 4 y 5), que son plantaciones cuya misión principal es la de proteger al ganado de los efectos del viento y que a su vez le brinden sombra (Bavera, 2004).

Los beneficios del monte ocurren tanto en invierno atenuando los vientos fríos y las bajas temperaturas como en verano disminuyendo la temperatura en casi 5 grados centígrados en relación con la que se registra a pleno sol. Se afirma la relevancia de la sombra natural (proveyda por el árbol) como factor importante para la producción del ganado y sus mayores beneficios respecto a la brindada por implementos artificiales. La superioridad del monte radica en su mayor eficiencia debido a que funciona como sombra y reparo, requiere menor inversión y mantenimiento, posee mayor vida útil, posibilita obtener otros ingresos con la producción de maderera, además de dar mayor valoración al predio (documento del Ministerio de Asuntos Agrarios del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires 2010). Beretta et al. (2008), demostraron que, en verano, con agua a voluntad y sombra (aunque artificial) entre las 10:30 y las 16:30 horas, los novillos engordaban en promedio unos 280 gramos/día más que los que permanecían sin sombra. Estos autores también afirman que en época estival el retiro de los novillos que pastorean en franjas diarias praderas mezcla de gramíneas y leguminosas hacia a un área restringida con sombra, entre las 10:00 y 17:00 h, contribuye a mejorar la ganancia diaria de peso vivo. Mientras que, en invierno, si las plantaciones son diseñadas de tal manera de aportar abrigo (protección contra el viento y cobertura ante bajas temperaturas), los requerimientos de los animales serían menores y por tanto su mejor performance, para un mismo nivel de oferta de forraje. En la Cuenca del Salado, técnicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Estación Experimental Cuenca del Salado), en sus informes anuales de condición del ganado en la región, han expresado que durante meses de enero y febrero en años en que se han registrado condiciones climáticas más desfavorables, con bajas precipitaciones, se han observado rodeos con síntomas de acaloramiento o asolamiento, manifestándose con babeo, respiración acelerada, permanencia de los animales en bebederos y lagunas. Y manifestaron la importancia de poseer en los establecimientos, aguadas limpias y adecuadas al número de cabezas y contar con sombra para los animales en las horas de máximas temperaturas. Un estudio realizado también por investigadores del INTA, afirma que existe evidentemente un estrés calórico que afecta a los bovinos en la región de la Cuenca del Salado, entre las recomendaciones señalan la importancia de proveer de sombra a los animales

Consideraciones finales

Los SSP en la Argentina se encuentran en amplia expansión. Son sistemas complejos con muchos componentes e interacciones y, dada la diversidad de ambientes que se encuentran en nuestro país, es necesario profundizar en el estudio de las interacciones con el objetivo de generar productos forestales y ganaderos de calidad, preservar la perennidad de los recursos forrajeros y la biodiversidad de los pastizales que permitirá la sustentabilidad de los sistemas desde el punto de vista económica, social y ecológico.

Referencias

- Alconada, M. (1991). Cambios físicos y químicos del suelo como consecuencia de distintos sistemas de manejo en pastizales del Norte de La Pampa Deprimida. Tesis de Magíster Scientiae, Área: Ciencias de Suelo. Escuela para Graduados. Facultad de Agronomía. UBA. Argentina. 140
- Alconada, M., O.E. Ansín, R.S. Lavado, V.A. Deregibus, G. Rubio & F.H. Gutiérrez Boem. (1993). Effect of retention of run-off water and grazing on soil and on vegetation of temperate humid grassland. *Agricultural Water management* 23:233-246.
- Altesor, A., E. Leoni, A. Guido, J.M. Paruelo. (2017). Differential responses of three grasses to defoliation, water and light availability. *Plant Ecol.* 218 (2): 95–104.
- An, H.; Shangqvan, Z.P. (2008). Specific leaf area, leaf nitrogen content, and photosynthetic acclimation of *Trifolium repens* L. seedlings grown at different irradiances and nitrogen concentrations. *Photosynthetica* 46(1):143-147.
- Armendano, J.; Odeón, S.; Callejas, S.; Echarte, L.; Odriozola, F. (2015). Estrés térmico y síndrome distérmico en bovinos para carne de la provincia de Buenos Aires. 9nas Jornadas Internacionales de Veterinaria Práctica Mar del Plata - 28 y 29 de agosto de 2015.
- Bavera, Guillermo A. (2004). Reparo para la hacienda, *Revista Angus*, Bs. As., 225:35-37.
- Beretta, V., Simeone, A., Bentancur, O. (2013). Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos *Agrociencia Uruguay - Volumen 17* 1:131-140.
- Burkart, S.E., M.F Garbulsky, C.M. Ghersa, J.P. Guerschman, R.J.C. Leon, M. Oesterheld, J.M. Paruelo S.B. Perelman. (2005). Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. Pp. 379-399. In M. Oesterheld, M. Aguiar, C. Ghersa y J. Paruelo (eds.). *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 472pp
- Carillo, J. (2003). *Manejo de Pasturas*. EEA INTA Balcarce. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. p 458. ISBN 987-521-089-7.
- Casabón E., T. Cerrillo, & G. Madoz. (2015). Instalación de sistemas silvopastoriles en el delta del Paraná: comportamiento de guías y barbados de sauce como material de propagación. *Actas del III Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales*. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-libro_actas_silvopastoriles_-_agroforestales.pdf. Último acceso: marzo 2021. pp 138-141.
- Cahupé, M., L. Hidalgo & A. Galatoire. (1985). Aplicación de un índice de valoración zootécnica en pastizales de la Depresión del Salado. *Rev. Arg. Prod. Animal.* 5:681-690.
- Chaneton, E.J., J.M Facelli & R.J.C. León. (1988). Floristic changes induced by flooding on grazed and ungrazed lowland grasslands in Argentina. *Journal of Range Management.* 41 (6): 495-499.
- Chaneton, E.J., S.B. Perelman, M. Omacini & R.J.C. León. (2002). Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands. *Biological Invasions.* 4: 7–24.

- Clements, F.E. (1928). Plant succession and indicators. H.W. Wilson, Nueva York.
- Connell, J.H. (1990). Apparent versus real competition in plants. In: J.B. Grace and D. Tilman (eds). Perspectives on Plant Competitions. Academic Press, N.Y. pp 9-23.
- Cowan, RT.; Moss, R.J. y Kerr, DV. (1993). Northern dairy feed base, summer feeding systems. Tropical Grasslands 27. (1993): 150–161.
- Fraser, AF. y Broom, DM. (1990). Farm animal behaviour and welfare. (3 ed.). London: Baillière Tindall.
- Gargaglione, V.; Peri, P.L; Sosa Lovato, S.; Bahamonde, H.; Mayo, J. P.; Christiansen, R. 2015. Mejora del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles de Nothofagus antarctica: Evaluación de especies forrajeras. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional. Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz. Ediciones INTA, 2015. 716 p.
- Garibaldi L.; M. Semmartin, E.J. Chaneton. (2007). Grazing-induced changes in plant composition affect litter quality and nutrient cycling in Flooding Pampa grasslands. Oecologia 151:650–662.
- del Clavijo, M.P., Nordenstahl, M., Gundel, P. E., & Jobbágy, E. G. 2005. Poplar afforestation effects on grassland structure and composition in the Flooding Pampas. Rangeland Ecology & Management, 58(5), 474-479.
- Hikosaka, K.; Terashima, I. (1995). A model of the acclimation of photosynthesis in the leaves of C3 plants to sun and shade with respect to nitrogen use. Plant, Cell & Environment 18: 605–618.
- Holling, C.S. (1973) Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4, 1-23.
- INTA informa (2016). Silvopastoril, una alternativa que cuadruplica rendimientos - INTA Informa. En Silvopastoril, una alternativa que cuadruplica rendimientos -En <http://INTA Informa Silvopastoril, una alternativa que cuadruplica rendimientos - INTA Informa> último acceso marzo 2021.
- INTA informa. (2014). Con casi 10 M de cabezas, el NEA fortalece a la ganadería argentina Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=22232>. Acceso marzo de 2021.
- Johnson, HD. (1987). “Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock”. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. World Animal Science B - 5. Amsterdam: Elsevier Scientific Publication.
- Lacorte, S. M.; Domecq, C; San José, M; Hennig, A.; Fassola, H.; Pachas, A.; Colcombet, L.; Hampel, H.; Espíndola, H.F. I. (2009b). Análisis de un sistema silvopastoril en el sur de Misiones, Argentina Producción forestal, forrajera y de carne. Estudio de caso. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, p 400-411. Posadas. Misiones. Argentina.
- Lacorte, S.M.; Fassola, H.E.; Domecq, C.D.; San José, M.; Hennig, E.; Correa E.M.; Ferrere P.; Moscovich F.A. (2003). Efecto del pastoreo en el crecimiento de *Grevillea robusta* A. Cunn. y la dinámica del pastizal en Misiones, Argentina. RIA, 32 (2): 79-96.

- Laprida, C. & B. Valeros-Garcés. (2009). Cambios ambientales de épocas históricas en la pampa Bonaerense en base a ostrácodos: historia hidrológica de la laguna de Chascomús. *Ameguiniana (Rev. Asoc. Paleontol. Argent.)* 46 (1): 95-111.
- Lavado, R.S. & Taboada, M.A. (1987). Soil salinization fluxes as an effect of grazing in a native grassland soil in the Flooding Pampa in Argentina. *Soil, Use and Management* 4:143-148.
- Lemcoff, J.H. (1992). Río de la Plata Grasslands. Climate. In Coupland, R.T. (ed.). *Ecosystems of the World 8A: Natural Grasslands*, Elsevier, Amsterdam. 376-377.
- León, R.J.C. (1975). Las comunidades herbáceas de la región Castelli-Pila. *Monogr. Com. de Invest. Cient. de la Provincia de Buenos Aires. La Plata* 5:75-107.
- León, R.J.C., S. Burkart & Movia, C.P. (1979). Relevamiento fitosociológico del pastizal del Norte de la Depresión del Salado. *Serie Fitogeográfica* 17: pp 90. I.N.T.A Buenos Aires. INTA. 2016. EN <https://intainforma.inta.gob.ar/silvopastoril-un-sistema-en-expansion-en-la-argentina/>.
- Lin, C.H.; McGraw, R.L.; George, M.F.; Garrett, H.E. (2001). Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. *Agroforest. Syst.* 53:269-281.
- Maddaloni, J. y Ferrari, I. 2005. Forrajes y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. INTA. 2° edición
- Mead, D.J. (2009). Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspective. 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones. Pp. 3 – 8.
- Meziane, D.; Shipley, B. (1999). Interacting determinants of specific leaf area in 22 herbaceous species: effects of irradiance and nutrient availability. *Plant, Cell and Environment* 22:447-459.
- Milchunas, D.G., O.E. Sala & W.K. Lauenroth. (1988). A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist*. 132:87-106.
- Navas, A. 2008. "Efecto de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico y su importancia en la producción bovina tropical". *Revista El Cebú* 359: 14–17.
- Peri P.L. (2005). Sistemas Silvopastoriles en Ñirantales. *Rev. IDIA XXI*, Ed. INTA, Buenos Aires. Año V, N°8: 255- 259.
- Pezo, D. y Ibrahim, M. (1998). *Sistemas Silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica: CR, CATIE. Disponible http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4024/Sistemas_silvopastoriles.pdf;jsessionid=3D61B460D496208C1B945B6E714221B5?sequence=1
- Piñeiro, G., J.M. Paruelo, E.G. Jobbágy, R. Jackson & M. Oesterheld. (2009). Grazing effects on belowground C and N stocks along and network of cattle exclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. *Global Biogeochemical Cycles*. 23, doi:10.1029/2007GB003168.
- Reynolds, SG. (1995). *Pasture–cattle – coconut systems*. Bangkok, Thailand. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/af298e/af298e00.htm>
- Rodríguez, C; E. Leoni; F. Lezama & A. Altesor. (2003). Temporal trends in species composition and plant traits in natural grasslands of Uruguay. *Journal of Vegetation Science* 14: 433-440.

- Rusch, G. M., y Oesterheld, M. (1997). Relationship between productivity, species and functional group diversity in grazed and no-grazed Pampas grassland. *Oikos* 78: 519-526.
- SIFIP (2010). Sistema de información Foresto Industrial de la Provincia de Misiones. Disponible en: <http://extension.facfor.unam.edu.ar/sifip/index.html>. Acceso 9-10-2010.
- Soriano, A., R.J.C. León; O.E. Sala; R.Sb. Lavado; V.A. Deregibus, M.A. Cauhepé; O.A. Scaglia; C.A. Velázquez & J.H. Lemcoff. (1992). Río de la Plata grasslands. In: R. T. Coupland [ed.]. *Ecosystems of the world, 8A—Natural grasslands: Introduction and western hemisphere*. New York, NY: Elsevier. p 367–407.
- Taboada M.A. y S.N. Micucci. (2009). Respuesta de las propiedades físicas de tres suelos de la Pampa Deprimida al pastoreo rotativo. *Cc. Suelo (Argentina)* 27(2): 147-157.
- Tilman, D. (1988). *Plants strategies and the dynamics and structure of plants communities*. Princeton University Press. Princeton N.J.
- Torquebiau, E. (1990). *Los conceptos de la agroforestería: Una introducción*. ICRAF, Nairobi, Kenya. 45 p.
- Vervoorst, F.B. (1967). *Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado. La Vegetación de la República Argentina, Serie Fitogeográfica N° 7*. Buenos Aires INTA. 259 p.
- Wilson, JR. y Ludlow, MM. (1991). "The environment and potential growth of herbage under plantations". *Forages for plantation crops*. Canberra, AU: ACIAR.

CAPÍTULO 12

Sistemas silvopastoriles en la región de Cuyo

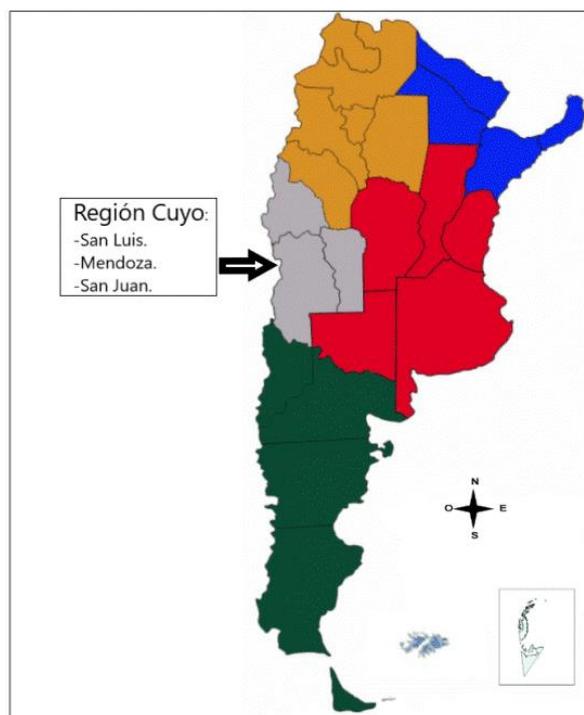
María Julia Nosetti

Este capítulo tiene como objetivo brindar una descripción de experiencias referidas a los Sistemas Silvopastoriles que se desarrollan en la región de Cuyo, teniendo en cuenta las particularidades socio-productivas y climáticas de la misma.

Características regionales

La región de Cuyo comprende las provincias de Mendoza, San Juan y San Luis (Figura 1). Desde el punto de vista climático y su geografía, podemos dividir la región en tres zonas que abarcan relieves montañosos, desiertos y llanuras que influyen en las actividades agropecuarias que se desarrollan en cada zona.

Figura 1. Provincias que integran la región de Cuyo.



Fuente: elaboración propia.

La zona **montañosa**, se sitúa al oeste de la región, abarcando la cordillera y pre cordillera de Los Andes. El clima se caracteriza por ser riguroso con grandes amplitudes térmicas. Este sistema montañoso, actúa como una barrera contra los vientos húmedos y fríos del Pacífico. Las precipitaciones en forma de nieve, abastecen los ríos y estos a los oasis o valles.

En zonas de **desierto**, la evaporación excede la precipitación media anual, es decir que existe una marcada deficiencia hídrica. (Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina Argentina, 2.000). Las temperaturas han llegado alcanzar valores de -9°C en invierno y 42°C en verano. Las precipitaciones pluviales se concentran en el verano, preferentemente.

En zonas de **llanura**, hacia el este de la región mencionada, se presenta un clima de transición entre el semi-húmedo pampeano y el árido del oeste, de clima tipo continental y precipitaciones mayores que en las regiones anteriores, las cuales se concentran en verano principalmente.

Características ambientales

Recurso clima

En **Mendoza** y **San Juan** los fenómenos climáticos son: sequías, granizo, heladas y viento conocido en la región como “Zonda”. Este viento se constituye por masas de aire caliente y bajo contenido de humedad, provenientes de la cordillera de Los Andes.

En ambas provincias el clima es seco, con precipitaciones mínimas, que varían dependiendo de las zonas desde 90 mm a 250 mm anuales, siendo de régimen estival, las cuales se desarrollan en breves períodos de tiempo y con alta intensidad que puede llegar a suceder en forma torrencial.

El régimen hídrico es netamente deficitario pues la evaporación excede ampliamente a las precipitaciones pluviales. (Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina Argentina, 2.000). La temperatura media ronda los 17°C .

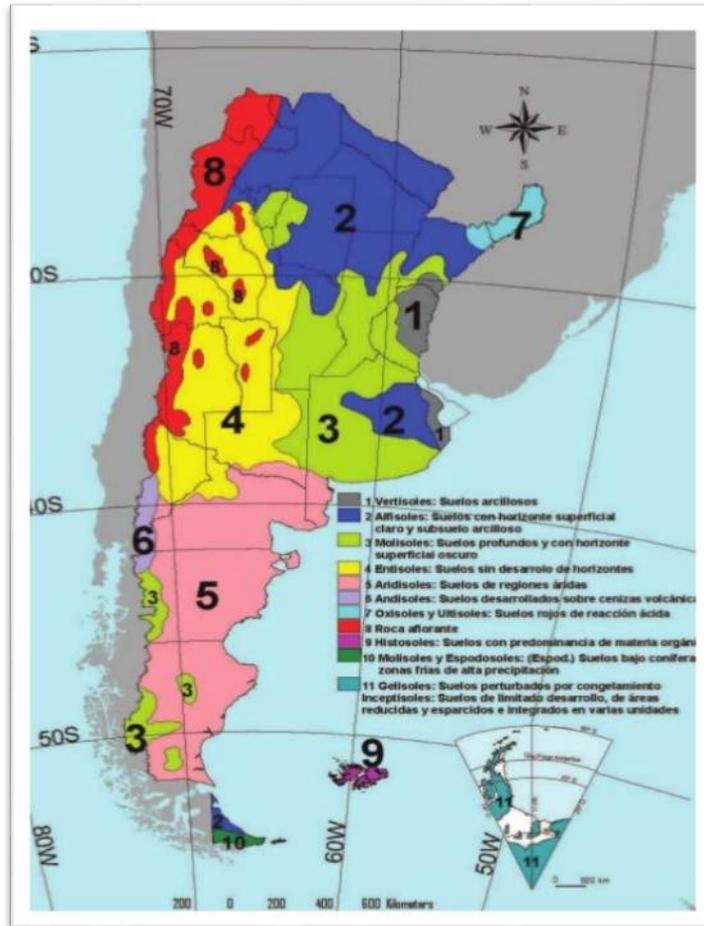
En la provincia de **San Luis**, en el sector norte predomina el paisaje serrano, en coincidencia con las Sierras Pampeanas. En la mitad sur, el relieve es llano. El clima es de tipo continental seco con una temperatura media anual de 17°C , media invernal de 8°C y estival de 24°C .

Las precipitaciones disminuyen de este a oeste y se dan principalmente en verano, entre los meses de octubre y marzo, variando desde los 300 mm/año a 700 mm/año.

Recurso suelo

El origen de los suelos, son en su casi totalidad derivados de materiales originarios de rocas cordilleranas de origen eólico, aluvial y coluvial. Según escala geológica son suelos considerados “jóvenes” o de maduración incipiente, considerándolos suelos con escaso desarrollo de horizontes y escasa materia orgánica. Desde el punto de vista textural predominan los suelos arenosos y franco arenoso (Figura 2).

Figura 2. Órdenes de suelos.



Fuente: Cruzate y Moscatelli, 2009.

Recurso hídrico

La mayor parte de los aportes hídricos utilizados provienen del deshielo de la cordillera en la zona oeste de la región y de precipitaciones en la zona este de la región. El manejo del agua para regadío se realiza a través de la construcción de embalses (Figura 3), acequias y canales de riego (Figura 4), los cuales distribuyen este recurso a las fincas.

Figura 3. Embalse de Ullúm.



Fuente: Energía provincial Sociedad del Estado EPSE.

Figura 4. Canal de riego



Fuente: Ministerio de obras y servicios Públicos. Gobierno de San Juan.

Además del agua aportada por los ríos, es importante el aporte del agua subterránea. En las provincias de San Juan y Mendoza, el agua subterránea se aplica principalmente mediante riego por goteo y en la provincia de San Luis mediante riego por aspersión a través de pivotes.

La profundidad de la que se extrae el agua puede variar dependiendo de la profundidad de los acuíferos y de la calidad de la misma.

Según datos obtenidos por el Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2.018), el principal sistema de riego utilizado, es el gravitacional a través de riego por surcos, manto, los cuales presentan menor eficiencia de aplicación, por ende, mayor consumo de agua, respecto a los sistemas presurizados.

A continuación, en la Tabla 1, se presentan los distintos sistemas de riego utilizados y las superficies afectadas en las distintas provincias que integran la región, según datos preliminares del Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2.018).

Tabla 1. Superficie afectada con distintos sistemas de riego en Cuyo.

Provincia		Total (1)	Sistema de riego					Otros	Sin discriminación
			Gravitacional	Aspersión	Localizado				
					Goteo	Microaspersión			
Total del país	EAP	36.296	28.945	1.126	4.379	92	1.320	3.423	
	Hectáreas	1.391.074,0	685.586,1	250.171,7	184.030,8	5.543,8	40.887,2	224.854,5	
Mendoza	EAP	12.535	11.114	56	1.134	31	382	1.068	
	Hectáreas	208.344,3	141.002,1	3.642,2	48.720,0	1.198,8	5.055,4	8.725,8	
San Juan	EAP	3.253	2.845	5	491	7	8	312	
	Hectáreas	57.019,0	29.796,4	176,0	23.278,5	943,5	18,4	2.806,2	
San Luis	EAP	99	50	27	12	-	2	15	
	Hectáreas	31.897,7	5.346,0	19.560,7	5.527,5	-	62,0	1.401,6	

Fuente: Elaboración propia. Resultados preliminares-CNA 2018.

Tanto el agua subterránea como el agua superficial, deben ser utilizadas de manera eficiente, ya que es un recurso escaso y vital para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

Características productivas

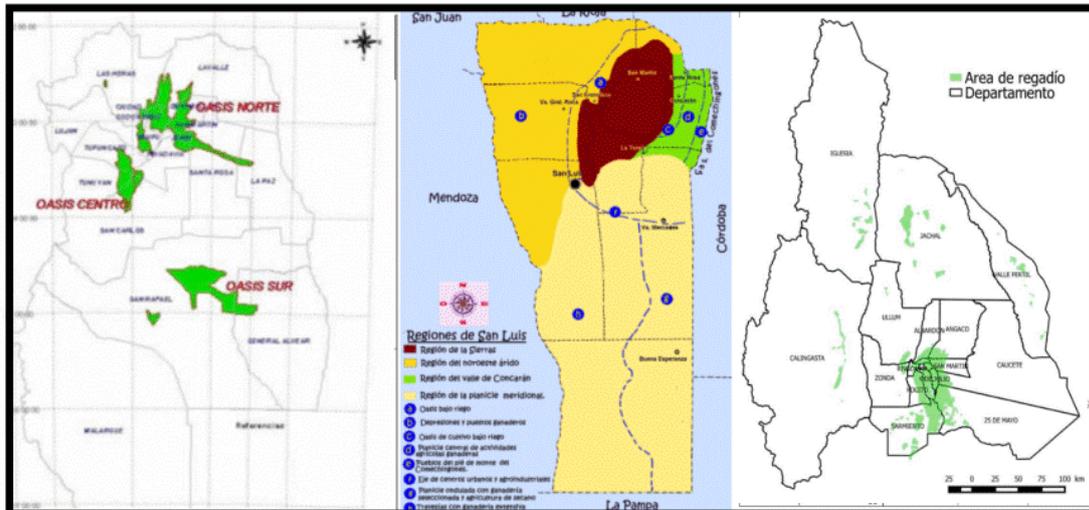
En la región de Cuyo, gran parte de las actividades agropecuarias, se dan en torno a los oasis.

Los oasis son ambientes donde se concentra la mayor parte de la población y de las actividades económicas de las tres provincias.

El desarrollo de estos ambientes, depende del aprovechamiento hídrico, el cual resulta esencial para el desarrollo socioeconómico, logrando transformar partes del territorio en zonas productivas.

A continuación, se representan los distintos oasis para las tres provincias que integran la región (Figura 5).

Figura 5. Mapas de ubicación de los oasis y regiones para la provincia de Mendoza, San Luis y San Juan respectivamente.



Fuente: Estrategia Provincial para el sector Agroalimentario-EPESA. La economía en los diferentes espacios. Universidad de La Punta-San Luis. Determinación de los oasis de riego de la provincia de San Juan (PNAGUA).

Mendoza

La viticultura es la actividad agrícola más relevante, cuyo destino es la elaboración de vinos y mostos, siendo la principal provincia productora de la región.

También es importante el cultivo de hortalizas en la provincia (entre las que se destaca el ajo), la fruticultura, principalmente frutales de carozo (ciruela, durazno) y de pepita (peras, manzanas), y la olivicultura (Informe sintético de caracterización socio productivo de la provincia de Mendoza. Ministerio de Hacienda de la Nación). En lo que respecta a la ganadería, la provincia cuenta con 331.205 cabezas de bovinos y 396.814 cabezas de caprinos, según datos del CNA (2018).

La actividad forestal está representada por una superficie de macizos de 6.197 hectáreas y 3.634km de cortinas (Inventario Nacional de Plantaciones Forestales de Cuyo. Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2017).

Según el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN) provincial, establecido por la Ley Nacional N°26.331/09, de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, la superficie en categoría I (rojo) es de 82.613 hectáreas, categoría II (amarilla) 1.800.595 hectáreas y la categoría verde (III) 150.980 hectáreas (Secretaría de Medio Ambiente de la provincia de Mendoza).

Mendoza es la única provincia de la región de Cuyo que produce petróleo y gas.

San Luis

La agroindustria es uno de los principales rubros en términos de generación de valor y de empleo. Entre las mismas se incluyen frigoríficos, curtiembres y producción de lácteos, así como la elaboración de productos derivados de la soja, el maní y el maíz (Informe sintético de caracterización socio productivo de la provincia de San Luis. Ministerio de Hacienda de la Nación).

En el sector agrícola tienen relevancia los cultivos de oleaginosas (girasol, soja, maní) y de cereales (maíz y sorgo). Si bien dichas actividades no son importantes en relación al total del país, sí lo son desde la perspectiva regional, dado que San Luis es la única provincia de la región Cuyo con un desarrollo importante de dichos cultivos.

Es relevante la actividad ganadera, especialmente la ganadería bovina, principalmente ubicada al Noroeste y al sur de la provincia, con 1.354.335 cabezas englobando todas las categorías. La ganadería caprina cuenta con 36.819 cabezas, según datos preliminares del CNA (2.018). La superficie de bosque nativo declarada según el OTBN de la ley N° 26.331, la superficie en categoría I (rojo) es de 526.962 hectáreas, categoría II (amarilla) 1.887.363 hectáreas y la categoría verde (III) corresponde a 738.305 hectáreas (Mapa Legal CREA).

Dentro de la actividad minera provincial sobresale la explotación de minerales no metalíferos (tales como sal común, yeso, caolín, cuarzo, feldespato y mica).

San Juan

La actividad productiva principal es la viticultura, destinada a la producción de vino y la elaboración de mosto. También la exportación de uva en fresco (Informe sintético de caracterización socio productivo de San Juan. Ministerio de Hacienda de la Nación).

El olivo, es el segundo cultivo con mayor superficie implantada después de la vid.

Dentro de los cultivos hortícolas más relevantes de la provincia, se destacan: el ajo, la cebolla y tomate. Actualmente está cobrando relevancia la implantación de pistacho y la actividad apícola.

El stock bovino para el año 2019 fue de 53.011 cabezas, un 21.5% de incremento respecto al año 2018, (adaptado de entrevista al Médico Veterinario Alfredo Martín, Director de Desarrollo Pecuario del Gobierno de San Juan. Fuente: Diario de Cuyo, octubre 2019). El número de cabezas de ganado caprino es de 32.063 según datos del CNA (2018).

La superficie forestal de macizos es de 1.743 hectáreas y 1.034 km de cortinas (Inventario Nacional de Plantaciones Forestales de Cuyo. Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2017). Respecto a datos del OTBN de la provincia correspondiente a la Ley Nacional N° 26.331, las distintas categorías según el grado de conservación son: superficie en categoría I (rojo) 71.551 hectáreas, categoría II (amarilla) 1.603.537 hectáreas y la categoría verde (III) 70.667 hectáreas. (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de San Juan, 2019)

En relación a la producción minera provincial, se explotan minerales metalíferos como oro, contribuyendo con el 56% del total extraído en el país y la plata aportando el 14% de la producción nacional. La producción de cal (carbonato de calcio) resulta también notable.

Sistemas Silvopastoriles

La región de Cuyo, presenta potencial para el desarrollo de los sistemas silvopastoriles, teniendo en cuenta que la ganadería viene incrementándose en las distintas provincias, sumado a la actividad forestal presente, la cual puede visualizarse como complemento generando mayor rentabilidad productiva.

La combinación de ganado, pasturas y forestales, debe ser aprovechada para que simultáneamente a la producción maderera se desarrolle el sector cárnico que abastezca las demandas regionales.

En este apartado se comentarán dos (2) experiencias de manejo silvopastoril en bosque nativo en las provincias de San Juan y San Luis.

También se presentará un trabajo de investigación titulado: "Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus spp.* en zonas bajo riego en Mendoza" (Tondi y Ayala, 2015).

Manejo Silvopastoril en el Departamento de Valle Fértil, San Juan

El campo en estudio se encuentra ubicado en el Departamento de Valle Fértil, situado en el extremo este de la provincia de San Juan. La historia de muchos de los campos ubicados en este departamento, responden a un manejo inadecuado, los cuales han sufrido procesos de sobrepastoreo y hacheros, deteriorando la superficie del bosque nativo.

Este Departamento posee una larga tradición ganadera, bovina y caprina y lidera respecto al resto de los departamentos de la provincia la cría de bovinos con 25.175 cabezas, el 47.5% del total de la provincia (Figura 6).

Figura 6. Cría ganado en el Departamento de Valle Fértil, San Juan.



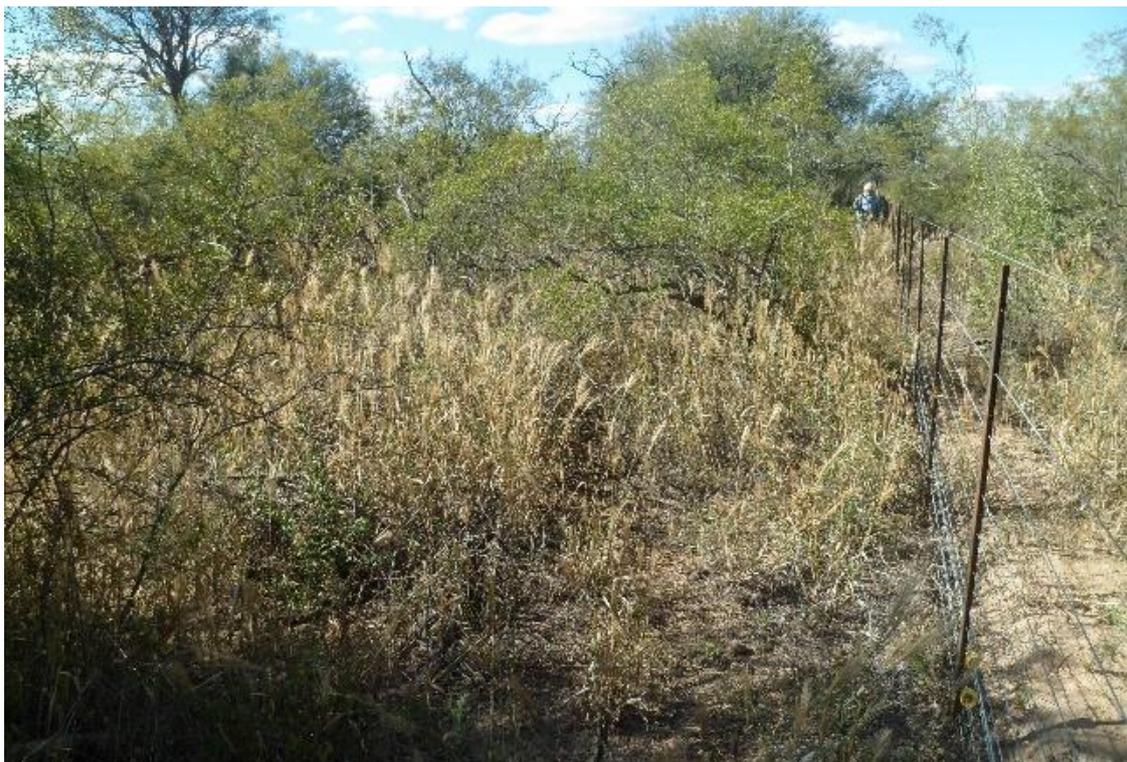
Izquierda: majada de cabras. Derecha: ganado bovino en Balde de las Chilcas, Valle Fértil. Fuente: Ing. Agr. Pedro Lucero.

El Departamento presenta características diferenciales del resto de la provincia, fundamentalmente en lo que respecta al régimen de precipitaciones, teniendo en cuenta que la precipitación media anual ronda los 350 mm/año contra los 98 mm/año en el resto de la provincia.

La temperatura máxima 33.5°C, la mínima 1.6°C y la temperatura media de 17°C.

El campo en estudio cuenta con 12.000 hectáreas y las primeras actividades que realizaron fueron el cerramiento y la construcción de potreros, “apotramamiento”, cuyo objetivo fue recuperar las pasturas naturales y hacer uso racional de los forrajes (Figura 7).

Figura 7. Cerramiento que permite la regeneración de pasturas naturales.



Fuente: Ing. Natalia Fernández. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de San Juan.

La visión respecto al manejo de este campo es la aplicación de acciones directas tendientes a conservar el bosque y el pastizal natural para uso forrajero, sumado al mantenimiento y cuidado de las instalaciones que permitan el bienestar animal, traducido en mayores rendimientos cárnicos. Los pilares como ejes de producción son: genética, instalaciones, sanidad y nutrición. El ganado bovino es Criollo y Hereford.

El manejo que aplican es sobre el estrato arbóreo, a través de raleos suaves y selectivos, que permitan aperturas e ingreso de luz solar con la consecuente aparición de gramíneas y algunos arbustos consumidos por el ganado, sin alterar las características propias del ecosistema. Los productos obtenidos de la componente forestal son postes, tutores y leña.

El estrato arbóreo (Figura 8) está compuesto por una variedad de especies nativas como, *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), *Prosopis flexuosa* (algarrobo dulce), *Prosopis torcuata* (tintitaco), *Cercidium praecox* (brea), *Geoffroea decorticans* (chañar), *Bulnesia retama* (retamo), entre otros.

Figura 8. Componente arbóreo y pastizal natural.



Fuente: Ing. Natalia Fernández.

Se realiza una planificación de los potreros o lotes a pastorear por los animales, a través de rotaciones, previendo la carga animal por hectárea, regulando la cantidad de materia seca, lo cual permitirá disponer de alimento para el ganado bovino a lo largo del año.

Para este establecimiento se estima una carga animal de 6 hectáreas/animal/año, aunque en la zona varía, pudiendo llegar a 30 hectáreas/animal/año en campos no manejados.

La pastura natural se compone de *Trichloris crinita* (pasto de hoja) y *Trichloris pluriflora*, *Pappophorum sp* (pasto criollo), *Setaria sp* (cola de zorro), entre otras, todas ellas adaptadas a la escasez de agua y heladas.

El objetivo es manejar y hacer uso del pastizal natural, pero en caso de tener que sembrar, recomiendan utilizar pasturas megatérmicas, teniendo en cuenta los 350 mm anuales, lo cual permite mantener la carga animal, logrando estabilidad productiva (Figura 9).

Figura 9. Manejo y uso del pastizal natural



Izq. Ganado consumiendo pasturas naturales. Der. Pastizal natural y arbustos. Fuente: Izq. Ing. Agr. Pedro Lucero. Der. Ing. Natalia Fernández.

El manejo del agua, teniendo en cuenta las bajas precipitaciones, se realizan con represas, ubicadas en lugares estratégicos para la rotación y son dependientes de las lluvias. En otros casos se manejan a través de perforaciones, que proveen agua (Figura 10).

Figura 10. Manejo del agua



Izq. Represa natural abastecida por precipitaciones. DER. Ganado en represa Fuente: Izq. Ing. Agr. Pedro Lucero. Der. Ing. Natalia Fernández.

Se propone el uso de *Cenchrus ciliaris* (buffel grass), muy “palatable”, siempre y cuando se respeten las pasturas nativas y aconsejan utilizarlo como “fusible”, como suplemento para los animales, lo cual permite planificar los lotes de pastoreo y descanso, asegurando la disponibilidad de pasturas a lo largo del año.

La época de siembra comienza en el mes de diciembre cuando se establecen las lluvias, pudiendo utilizar entre 6 a 7 kg/ha.

Se han realizado pruebas de siembra de sorgo de guinea, sorgo negro con muy buenos resultados.

Manejo silvopastoril en la región Noroeste de la provincia de San Luis

El campo se ubica al noroeste de la provincia, específicamente en la localidad de Luján del Departamento de Ayacucho en la ecorregión Chaqueña.

Las precipitaciones medias anuales varían de 450 a 500 mm/año. La temperatura media en julio es de 10°C y en enero 27°C.

Las prácticas que se desarrollan en bosques principalmente de *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), *Prosopis flexuosa* (algarrobo dulce), *Prosopis torquata* (lata), son rolados con posterior siembra de *Cenchrus ciliaris* (buffel grass).

Esta práctica, pretende preservar la cobertura arbórea y darle continuidad.

El rolo es un implemento de labor superficial que dispone de cuchillas, las cuales realizan una poda en los arbustos.

La intensidad de rolado (Figura 11), dependerá del estado de situación inicial del predio, para lo cual se tiene en cuenta el tipo de flora, porcentaje de cobertura, recomendando rolar entre un 15 a 20% de la superficie total.

Figura 11. Distintas intensidades de rolado.



Izquierda: rolado intenso. Derecha: rolado con menor intensidad. Fuente: Dr. Ing. Agr. Francisco Murray.

Se trabaja sobre ciertos arbustos como *Larrea cuneifolia* (jarilla), los cuales rebrotan desde la base y con el tiempo recuperarán la cobertura y densidad de renovales.

Se utilizan rolos relativamente pequeños, menores a 3 metros, al cual se le acopla un tambor, donde a medida que se va rolando se va distribuyendo la semilla (Figura 12). Suele agregarse un lastre, permitiendo una buena siembra, asegurándose que las cuchillas del rolo se claven de forma tal que trabajen y muevan el suelo correctamente.

Figura 12. Rolado



Izquierda: rolo de 3 x 1,5 y 8 tn con Zanello de 160 Hp. Derecha: rolado de media intensidad implantado con buffel. Fuente: Dr. Ing. Agr. Francisco Murray.

La densidad de siembra dependerá de la calidad de la semilla, la cual se aconseja analizar en laboratorio, para conocer su poder germinativo. Si la semilla presenta alto poder germinati-

vo, se utiliza de 5 a 10 kg de semilla/hectárea. La siembra se efectúa durante los meses de noviembre, diciembre y enero, época donde se concentran las precipitaciones. Una vez sembrada la pastura, se debe dejar las dos primeras estaciones de crecimiento sin uso de los potreros sembrados, haciendo un pastoreo diferenciado con categorías livianas. El manejo que se realiza con los animales, raza Hereford, es concentrar la hacienda en los potreros con disposición de buffel en el verano, para permitir que el pastizal natural se recupere y tenerlo de reserva para los meses de invierno (Figura 13).

Figura 13. Animales pastando



Fuente: EEA INTA San Luis.

En potreros rolados e implantados con buffel, las cargas animales varían de 2 a 5 ha/EV, para un rango de producción de 3000 a 1000 kg de materia seca por hectárea por año (MS/ha/año). EV (equivalente vaca), es una manera de expresar la carga animal, representando el promedio anual de los requerimientos energéticos de una vaca que cría un ternero de 150 kg al año y consume aproximadamente 10 kg MS/día. En los mismos rolados, se puede hacer recría liviana usando lotes diferidos (crecimiento de verano que se difiere para el invierno), destete con 160 kg en mayo que se recría hasta los 210 kg en 6-7 meses (noviembre-diciembre), con ganancias de peso diarias de 250 a 300 gramos por día (gr/día). Sí o sí se debe suplementar con un concentrado proteico, dado que el buffel tiene bajos contenidos en proteína en estado diferido al estar seco en pie. En pastizal natural, las cargas son de 15 ha/EV, con producción de forraje de 500 a 1000 kg MS/ha/año, siendo que al disponer de potreros

rolados con buffel para hacer uso durante el verano, permite que los potreros con pasturas naturales se pastoreen en diferido, durante el invierno, no durante la estación de crecimiento.

Respecto al aprovechamiento de las especies forestales presentes, se realizan cosechas parciales de algarrobo que utilizan como leña, postes para alambrados y cerramientos.

Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus spp* en zonas bajo riego en Mendoza

El cultivo de especies forestales, en particular el de *Populus sp.*, en zonas bajo riego requiere de plazos generalmente superiores a los 10 años para lograr el retorno del capital invertido en el desarrollo de esta actividad. Por esta circunstancia surge la necesidad de tener alternativas de ingresos antes del turno de corta del forestal y una de ellas sería la incorporación de pasturas dentro del bosque para la alimentación del ganado. Uno de los problemas planteados es que no se conoce claramente el retorno económico que se puede alcanzar con esta actividad ni tampoco la influencia de los cultivos de pasturas sobre el bosque de álamos en las zonas bajo riego.

El objetivo general del proyecto que aquí se describe, es evaluar alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus sp.* en zonas bajo riego de Mendoza. De este objetivo principal derivan tres objetivos específicos importantes que a continuación se mencionan:

- Evaluar las forestaciones de álamos a las distintas alternativas de modelos silvopastoriles.
- Conocer la respuesta de las pasturas bajo influencias de las plantaciones, definida por la competencia de agua y nutrientes.
- Estimar la producción potencial de carne en forma indirecta en base a la cantidad y calidad del forraje.

El ensayo se desarrolla en las localidades de Tunuyán y San Rafael. La localidad de **Tunuyán** se encuentra situada en el Oasis Centro de la provincia. La temperatura media es de 14°C y precipitaciones del orden de los 200 mm/año. El suelo donde se localiza el ensayo presenta textura franco-arenosa y arenosa y el riego es superficial por manto.

Se instaló una plantación de álamo *Populus x canadensis*, Conti-12, establecido a un distanciamiento de 5 x 4 metros y a partir del 3° año se evaluó su crecimiento y el de las pasturas en 3 tratamientos: rastreo convencional (sin pasturas), mantenimiento de la vegetación espontánea y pastura polifítica implantada. En este caso las especies sembradas fueron: *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Bromus unioloides* (trébol blanco, festuca, pasto ovillo y cebadilla) (Figura 14).

Figura 14. Plantación de álamo con pastura



Izquierda: parcela de álamos con pastura. Derecha: parcela de álamos testigo. Tunuyán. Fuente: propia

La otra parcela se sitúa en la localidad de **San Rafael** ubicada en el Oasis Sur de la provincia (Figura 15). La temperatura media anual es de 15°C y la precipitación anual de 350 mm/año. El suelo es franco arenoso y el riego es superficial por manto, conducido por acequias.

El ensayo se desarrolla en el campo experimental del INTA Rama Caída en un bosque de álamos *Populus x canadensis*, Conti-12, establecido a un distanciamiento de 6 x 4m y de 1 año de edad. Se compara el crecimiento de los álamos y de las pasturas en 3 tratamientos: rastrojo convencional (sin pasturas), pastura pura de *Medicago sativa* y pastura polifítica compuesta por las siguientes especies: *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*, *Medicago sativa* y *Trifolium pratense* (pasto ovillo, ray grass, festuca, alfalfa monarca, trébol rojo).

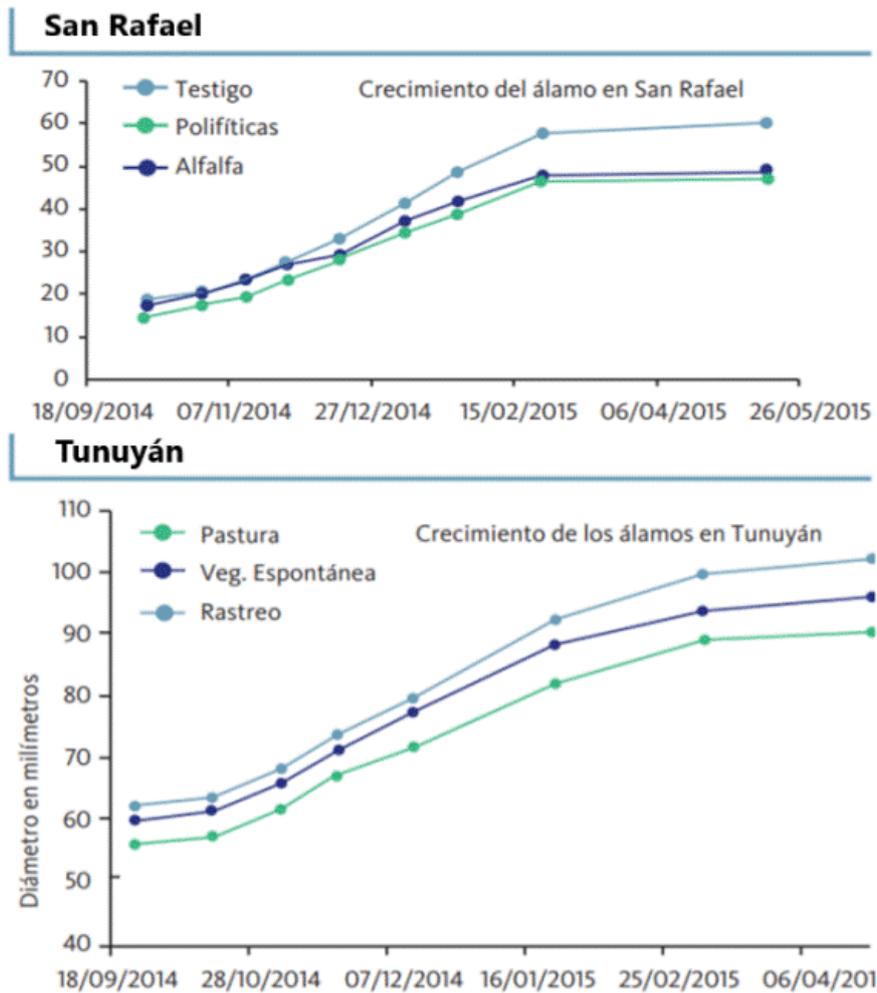
Figura 15. Álamos con pastura implantada.



San Rafael. Fuente: propia.

En los siguientes gráficos se muestran resultados referidos al comportamiento de los álamos respecto a los distintos tratamientos en ambas localidades. Se concluyó hasta el momento que se tomaron datos, que existieron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al crecimiento de los álamos. La media de crecimiento del álamo en todos los casos fue superior en el testigo, es decir aquel tratamiento que no tiene pasturas implantadas y donde se realizó un rastreo para mantener libre de malezas (Figura 16).

Figura 16. Crecimiento de los álamos según los distintos tratamientos en ambas localidades.



Por otro lado, se evaluó la calidad nutricional de las dos parcelas de ensayo, obteniendo los siguientes resultados. Los porcentajes de proteínas van del 14,45 al 27,71%; el porcentaje de fibra detergente neutra de 38,72 a 52,10%; el porcentaje de fibra detergente ácida del 34,16 al 40,88%, materia grasa desde 2,16 a 2,58% y el porcentaje de cenizas desde 11,89 a 15,38%. En la tabla 2 se muestran los valores equivalentes en kg de carne/ha/año para cada tratamiento basado en el peso de materia seca y los valores nutricionales de las pasturas.

Tabla 2. Producción esperada de kg de novillo para cada tratamiento.

SAN RAFAEL-INTA RAMA CAÍDA					
Alfalfa			Pasturas polifíticas		
Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo	Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo
17800	12,7	1403,6	19566	13,2	1481,1

TUNUYÁN-GUILLAMÓN					
Pasturas polifíticas			Vegetación espontánea		
Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo	Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo
8514,36	13,2	646,7	3798,03	15	252,4

Con los resultados obtenidos hasta la fecha se puede observar que hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al crecimiento de los álamos, la media del crecimiento del álamo en todos los casos fue superior en el testigo, es decir aquel tratamiento que no tiene pasturas implantadas y donde se realiza un rastreo para mantener libre de malezas. Otro aspecto interesante es la producción forrajera que puede alcanzarse en estos sistemas y el valor que agrega al emprendimiento forestal con respecto al que no tiene incorporado el componente forrajero. También puede observarse una notable diferencia en la producción total de materia seca según el sitio, la producción en San Rafael fue muy superior a la de Tunuyán. Esto se supone puede deberse a las diferentes edades del bosque, las densidades de plantación y las condiciones ambientales para cada sitio. Al finalizar el ciclo completo se hará el análisis estadístico respecto a la existencia o no de diferencias en el crecimiento del álamo y junto con los datos de las pasturas se hará una estimación de la rentabilidad económica del sistema silvopastoril. Por supuesto que esta información es parcial y deberá continuar con las mediciones y cálculos en los próximos ciclos vegetativos a fin de conocer y evaluar el sistema silvopastoril en todo el ciclo del forestal.

Referencias

- Abraham, E. M (2000). Geomorfología de la Provincia de Mendoza. Recursos y Problemas Ambientales de la Zona Árida. Primera Parte. Provincias de Mendoza, San Juan y La Rioja. Vol. I-II. PAN/SDSyPA-INTA-GTZ, IADIZA, Universidad de Granada. Mendoza, Argentina.
- Aubone, Fernando; Marine, David (2020). Determinación de los oasis de regadío de la provincia de San Juan (PNAGUA).

- Calderón, A. D, Reborá, C; Bustamante, J.A; Tachin, F; Robledo, S ;Ochoa, M; Araya,O (2016). Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus spp* en zonas bajo riego en Mendoza. Investigación forestal 2011-2015. Los proyectos de investigación aplicada. pp 316.
- Censo Nacional Agropecuario. CNA (2018). <https://cna2018.indec.gob.ar/informe-de-resultados.html>
- Cravero, Silvia Ana; Bianchi, Luis; Eleno Javier Hernan; Rubi Bianchi, Alberto (2017). Clima de Argentina. Mapas digitales mensuales de precipitación y precipitación menos evapotranspiración potencial.
- Dalmaso, Antonio D (1994). Fenología de 5 gramíneas nativas de interés forrajero.
- Colazo, Juan Cruz (2019). Recursos físicos y ambientales de los territorios de la provincia de San Luis.
- Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial (2017) Inventario de Plantaciones Forestales bajo riego Cuyo.
- Graffigna, Luisa; Reggio, Lourdes (2013). Regar, desafío del desierto. Historia y legislación actual del agua de riego en San Juan.
- Leiva, Juan (2019). La nueva planta de faena le dio impulso al sector ganadero, que creció el 21,5%. Diario de Cuyo. Recuperado de <https://www.diariodecuyo.com.ar/economia/La-nueva-planta-de-faena-le-dio-impulso-al-sector-ganadero-que-crecio-el-215-20191022-0094.html>.
- Miranda, Omar (2015). El riego en la provincia de San Juan, Argentina. Su dinámica institucional en los últimos dos siglos.
- Norte, Federico (2000). Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental de la región Andina Argentina. Capítulo N° 3.
- Panigatti, José Luis (2010). 200 años, 200 suelos INTA. pp 21, 168, 210, 216.
- Pereyra, Blanca Rosa (2000). Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental de la región Andina Argentina. Capítulo N° 10.
- PROSAP. Estrategia provincial para el sector agroalimentario, EPSA, provincia de Mendoza. Resolución del Ministerio de Producción, Tecnología e Innovación N° 186/09.
- Bianchi R, Alberto; Cravero, Silvia Ana (2010). Atlas climático digital de la República Argentina.
- Sirvén, Rafael (2012). Una herramienta para un crecimiento sustentable. Sistemas Silvopastoriles. *Revista* N° 3. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

TERCERA PARTE

Para ir cerrando

CAPÍTULO 13

Sistemas agroforestales: medidas de apoyo estatales vigentes en Argentina

Sebastián Pablo Galarco

El presente capítulo aborda el análisis de todas las medidas de promoción a la actividad forestal vigentes que incluyen dentro de sus beneficios, directa o indirectamente, a los sistemas agroforestales en cualquiera de sus formas. El Estado Nacional desempeña un papel central ya que desde esa jurisdicción provienen las principales líneas de promoción.

En las últimas dos décadas, la implementación de los sistemas agroforestales (SAF) y en particular los sistemas silvopastoriles (SSP) ha cobrado relevancia en diferentes regiones de Argentina.

Mientras que el principal desarrollo de los sistemas silvopastoriles (SSP) con bosques cultivados ocurrió en las provincias de Misiones, Corrientes, Neuquén y la región Delta Bonaerense del Río Paraná, la implementación y generación de conocimientos con bases científicas de los SSP en bosque nativo se concentró en las regiones Patagónica y Chaqueña (modificado de Peri, 2012, Peri, et al, 2015).

A continuación, se detallarán los mecanismos vigentes de promoción a la instalación y manejo de sistemas agroforestales en Argentina.

Medidas de promoción de orden Nacional

LEY N° 26.331 DE “Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos”

Comprobado y documentado por la comunidad científica, instituciones públicas de gobernanza forestal y las ONGs ambientalistas, el aumento desmedido de la tasa de deforestación en el país en las últimas décadas (los guarismos más altos de nuestra historia⁴) y conocidas

⁴ La FAO ubicó a Argentina entre los diez países que más desmontaron entre 1990 y 2015: se perdieron 7,6 millones de hectáreas, a razón de 300.000 al año. La superficie desmontada durante 2019 en las provincias del norte de Argentina fue de 80.938 hectáreas (Santiago del Estero 25.513 ha, Formosa 23.521 ha, Chaco 17.240 ha, Salta 14.664 ha).

las consecuencias negativas para el ambiente y la población, desde el ejecutivo nacional finalmente se implementó de la Ley N° 26.331 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” sobre fines de 2007 (reglamentada por el Decreto PEN 91/2009), y cuya autoridad nacional de aplicación es actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS).

Esta norma establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que estos brindan a la sociedad. Exige a los estados provinciales la realización de un Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN) en cada territorio provincial, mediante la promulgación de una ley provincial.

El ordenamiento, debe realizarse de acuerdo a criterios de sustentabilidad y establece las diferentes categorías de conservación en función del valor ambiental de las distintas unidades de bosque nativo y de los servicios ambientales que estos presten.

Categoría I (rojo) corresponde a sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse. Solo se puede realizar Planes de Conservación de Bosques Nativos, (No se pueden realizar desmonte ni aprovechamiento forestal);

Categoría II (amarillo) representados por sectores de mediano valor de conservación, que podrán ser sometidos a diversos usos (aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica). Solo se puede realizar Planes de Conservación (PC) de Bosques Nativos o Planes de Manejo (PM) Sostenible de Bosques Nativos; (No se pueden realizar desmontes)

Categoría III (verde) incluye áreas de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad. Pueden realizarse Planes de Conservación de Bosques Nativos, Planes de Manejo Sostenible de Bosques Nativos, Planes de Cambio de Uso del Suelo. Se pueden realizar desmontes.

Dentro de las acciones contempladas por la norma, destacan:

- la mitigación en el proceso de pérdida de cobertura forestal por desmontes estableciendo una regulación de la deforestación,
- establece que toda intervención sobre bosques nativos debe realizarse bajo un plan de manejo, un plan de conservación o un plan de cambio de uso del suelo.

Mediante un proceso participativo de ordenamiento, todas las provincias definieron territorialmente las tres categorías de conservación descritas.

La norma establece un régimen de compensación económica a los propietarios de bosques nativos por los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Esta compensación económica proviene del Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos (FNECBN) creado por dicha ley y distribuido anualmente a las provincias que tienen aprobado por Ley su OTBN (Peri, et al, 2015). Para acceder a los Fondos de la Ley se debe presentar un Plan de Manejo (PM) o Plan de Conservación (PC) realizado por

Si bien desde 2014 se registra una importante disminución de la deforestación, en 2019 un tercio de los desmontes se produjeron en bosques protegidos por la ley 26.331 (Green Peace, Informe Anual de Deforestación, 2019)

un profesional habilitado. Todos los proyectos deben ser propuestos ante la autoridad de aplicación de la Ley en cada provincia, quién evaluará y analizará su aprobación. Las actividades que contempla el proyecto son:

- Aprovechamiento forestal
- Aprovechamiento de productos forestales no madereros
- Enriquecimiento
- Conservación
- Restauración y recuperación
- Manejo silvopastoril
- Aquellas actividades que las provincias consideren importantes para el manejo y conservación de sus bosques, de acuerdo a sus realidades

La posibilidad de desarrollar distintos tipos de planes depende de la o las categorías de conservación asignada a los bosques nativos en el establecimiento en cuestión. Los tipos de planes posibles son: Planes de Manejo Sostenible (PM), Planes de Conservación (PC) o Planes de Cambio de Uso del Suelo (PCUS). Los planes alcanzados por el FNECBN en las distintas jurisdicciones han ido incrementándose desde el año 2010, a medida que las provincias fueron sancionando sus respectivas leyes de OTBN.

Los Planes de Cambio de Uso del Suelo (PCUS) no son financiados por el FNECBN y sólo pueden aprobarse en categoría III (verde).

Analizando la ejecución de la Ley Nº 26.331 con datos oficiales, en el período 2010-2017, se observó a nivel país la presentación de 7.433 planes.

De las más de 53 millones de hectáreas de bosque nativo que han sido declaradas por las provincias en sus respectivos OTBN, desde el año 2010 hasta el 2017, cerca de 6 millones de hectáreas de bosque se encuentran o han estado bajo algún PM o PC, lo que representa un 11,3 % del total de la superficie de bosques nativos declarada por las provincias (SAyDS, 2018).

Las estadísticas de la SAyDS donde se detallan las características de los planes llegan hasta el informe período 2010-2016. De los 4.524 planes financiados, 2.569 correspondían a PM o PC, lo que representa el 57% del total de planes presentados en dicho período. Si se analiza año por año la evolución de la presentación de PM, PC y PF, se puede observar que en el año 2016 el porcentaje de PF desciende al 20%, lo que indica que en dicho año casi el 80% de los planes fueron orientados a actividades directas en el bosque nativo, a través de las diferentes modalidades de Planes de Manejo y Planes de Conservación (silvopastoriles, recuperación, aprovechamiento, conservación, aprovechamiento de productos forestales no madereros y servicios, etc.).

Entre 2010 y 2014, la superficie de bosque nativo afectada a PM bajo uso silvopastoril es de 1.423.194 ha, lo cual representa el 70% del total de planes de manejo financiados por la Ley (Peri, et al, 2015).

Las cifras explicitadas de los planes de manejo (PM) principalmente, y los principales lineamientos acordados entre los actuales el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, para que las actividades ganaderas en zonas de Bosques Nativos, “Manejo de Bosques con Ganadería Integrada” (MBGI), que cumplan con pilares básicos del desarrollo sostenible y los presupuestos mínimos según la Ley N° 26.331, proyectan un significativo aumento de los proyectos de sistemas silvopastoriles bajo manejo en bosques nativos.

Como se describió en el Capítulo 6 de este libro, el MBGI propone el aprovechamiento del bosque de una manera integral, como una alternativa de desarrollo sustentable frente a los cambios en el uso del suelo. En este marco, la conservación del bosque y el manejo ganadero son incluidos en una misma matriz productiva, posibilitando la integración de todos los componentes y aprovechando los beneficios que cada uno aporta al sistema en general. La propuesta se basa en la adopción y combinación de tecnologías de bajo impacto ambiental, propiciando un punto de equilibrio entre la capacidad productiva del sistema, su integridad y sus servicios, bajo el principio de mantener y mejorar el bienestar del productor y las comunidades asociadas. MBGI apunta a lograr una producción rentable de carne y de productos maderables y no maderables, de manera compatible con la conservación del bosque nativo, su biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en un marco de sustentabilidad ambiental, económica y social (Borrás et al. 2017). El manejo de bosques con ganadería integrada (MBGI) es una metodología recientemente implementada en los bosques de varias provincias de Argentina, las cuales suscribieron a partir del año 2015 un acuerdo general, que determina cuales deben ser los principios fundamentales y las directrices a seguir para la preservación de los bosques bajo producción ganadera. El acuerdo MBGI se enmarca en la Ley Nacional 26.331 de presupuestos mínimos ambientales, a instancias del ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Actualmente Nueve provincias (Santiago del Estero, Salta, Chaco, Formosa, Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego) adhirieron a este Convenio y otras cinco presentaron su voluntad de adhesión (Peri, 2017).

LEY N° 25.080 de Inversiones para bosques cultivados

El Gobierno Nacional, a través de su Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) promociona la instalación de plantaciones forestales de calidad. El mecanismo legal vigente es la Ley N° 27.487, que prorroga hasta el 2028 los beneficios de la promoción establecidos en la Ley N° 25.080/98 de “Inversiones para Bosques Cultivados”. Los beneficios establecidos incluyen:

I. Apoyo Económico No Reintegrable – AENR – a la forestación, enriquecimiento de bosques nativos y tratamientos silviculturales (hasta tres (3) podas, un (1) raleo pre comercial y manejo de rebrotes). El AENR consiste en el otorgamiento del 80% de los costos estimados por la Dirección de Desarrollo Foresto Industrial para la especie, zona y actividad a considerar,

siendo en el caso de las actividades silviculturales un apoyo del 70% del costo estimado. El AENR para plantación se implementa de la siguiente forma:

- De 1 hasta 20 ha, 80% del costo de implantación
- Para más de 20 ha y hasta un máximo de 300 ha:
 - Por las primeras 50 ha, de 1 hasta 50 ha, hasta el 60% del costo de implantación;
 - Por las siguientes 100 ha, de 51 hasta 150 ha, hasta el 50% del costo de implantación;
 - Por las siguientes 150 ha, de 151 hasta 300 ha, hasta el 40% del costo de implantación.

II. Beneficios Fiscales:

1. Estabilidad fiscal (todos los impuestos excepto el IVA) por 30 a 50 años.
2. Régimen de Amortización del impuesto a la Ganancias (para inversiones en obras civiles, construcciones y el equipamiento correspondiente a las mismas y para las inversiones que se realicen en adquisición de maquinarias, equipos, unidades de transporte e instalaciones no comprendidas en el apartado anterior,
3. Exención de todo impuesto patrimonial que grave activos o patrimonios afectados a los emprendimientos.
4. Exención de impuesto a sellados y timbrados nacionales y provinciales,
5. AFIP: devolución de los créditos fiscales originados en la compra de bienes, locaciones o prestaciones de servicios, o importación definitiva, destinados a la inversión forestal del proyecto, según Ley de IVA (Ley 27430/19).
6. Avalúo de reservas: el incremento del valor patrimonial producto del crecimiento anual que registran las plantaciones en pie podrá ser contabilizado considerando el aumento de su valor de inventario (valor de las existencias en pie de las plantaciones).

Todos los beneficios resumidamente descritos son aplicables a proyectos que incluyan modalidades de SAF compatibles con el beneficio, principalmente en SSP: plantaciones en macizos, líneas apareados con espacios intercalares, cortinas de hasta tres (3) hileras, montes de sombra y reparo.

Entre el 2000 y 2019, según información del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, se pagaron AENR por casi 500.000 hectáreas de forestación, durante el período 2000-14 el total de las plantaciones a bajas densidades (278 pl/ha, 6 m x 6 m) representaron aproximadamente el 10% de la superficie forestada bajo esta Ley (Peri, et al, 2015). Cabe mencionar que, aunque en las presentaciones al beneficio no se requiere explicitar su uso, las densidades resultantes de ese y mayores distanciamientos son compatibles con el diseño de sistemas agroforestales o silvopastoriles. Para el mismo período, a estos valores

es pertinente sumarle el pago de AENRs por planes de poda, raleo y manejo de rebrote a 3.098 productores (Peri, et al, 2015).

También, muchos planes de plantación a mayores densidades podrán tender esta finalidad, pues una estrategia común en la práctica silvícola es promover la ocupación temprana del terreno y raleo más tarde, para asegurar el logro de la plantación, mantener una base amplia de selección y favorecer la conformación de los fustes

En el caso particular de los AENRs a la realización de plantaciones y tratamientos silviculturales, las resoluciones de costos de plantación y tratamientos silviculturales que periódicamente actualiza la autoridad de aplicación, contemplan los géneros de las especies más utilizadas industrialmente, materiales de propagación y densidades de plantas mínimas y máximas para cada jurisdicción. En algunas jurisdicciones, como por ejemplo en el Delta del río Paraná se incluyen densidades desde 270 plantas/ha para la plantación guías de álamo, situación igualmente contemplada para la plantación con guías de álamo también para distintas zonas de regadío del país. Para plantación en macizo con densidades inferiores a las mínimas según la Resolución SAGyP 116/2020, se considerará para aquellas presentaciones aprobadas, el costo de la densidad mínima y a los efectos de calcular la superficie, se tomará la cantidad de plantas de la densidad citada como equivalente a UNA HECTÁREA (1 ha) independientemente de la superficie real que ocupe.

Acuerdo interministerial sobre los principios y lineamientos nacionales para el manejo de bosques con ganadería integrada en concordancia con la Ley n° 26.331

Los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS) y de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP), autoridades de aplicación respectivas de las leyes nacionales anteriormente explicadas, han venido articulando acciones conjuntas para definir un marco general y los principales lineamientos para que las actividades ganaderas en zonas de Bosques Nativos (MBGI) cumplan los criterios básicos del desarrollo sostenible y presupuesto mínimo según Ley N° 26.331, con el fin de contribuir al uso sustentable de los Bosques Nativos como una alternativa de desarrollo frente al cambio de uso del suelo.

El Acuerdo, firmado en 2015, alcanza definiciones de carácter general y de aplicación a todo el territorio nacional. El mismo surge como una evidente necesidad de acercar criterios en la definición académico teórica de lo que implica un sistema agroforestal (en particular sistemas silvopastoriles, en el marco de MBGI) y lo que sucede en la realidad en los bosques nativos argentinos que soportan ganadería. El mayor aporte del acuerdo MBGI es la unificación de criterios entre los ministerios encargados de la política ganadero productiva y ambiental-forestal, y entre éstas y las cuatro provincias con mayor superficie de bosque nativo del país (Santiago del Estero, Chaco, Salta y Formosa). El acuerdo MBGI brinda un marco para devolver el significado a lo que entendemos por “sistema silvopastoril”, y también para darnos una oportunidad para sacar al tema “bosques nativos” de esa aparente dicotomía entre el desmonte

y la reserva intangible, y desarrollar esquemas que contribuyan al bienestar de los productores, las comunidades y la conservación de los ecosistemas (adaptado de Navall y otros, 2017; ver capítulo 6 de este libro).

A continuación, se resumen los lineamientos propuestos fruto de este acuerdo:

- Todos los planes de MBGI se deben ajustar a los contenidos mínimos para Planes de Manejo Sostenible de Bosques Nativos
- Los PMBGI mantienen un área exclusiva para la conservación de biodiversidad, el mantenimiento de la conectividad, preservación del acervo genético de las especies que ocupan el predio y el resguardo de la fauna asociada.
- Se destaca la importancia y la funcionalidad del estrato arbustivo en el ciclo de nutrientes, aporte de forraje, protección de suelos y biodiversidad, ciclo del agua, fuente de productos no madereros y de alimento y resguardo de fauna
- La organización de actividades incluye un plan de manejo forestal que permita conducir la estructura del bosque y monitorear su estado periódicamente
- El manejo ganadero explicitado en el plan de manejo integral, debe adecuarse a las posibilidades reales del sistema, en un horizonte temporal que tenga en cuenta la variabilidad interanual de las condiciones ambientales.
- Se considera de gran importancia que los planes de MBGI cuenten con un sistema de prevención y control de incendios forestales y de pastizales asociados.
- Se recomienda que los planes de MBGI cuenten con un diseño apropiado de aguadas para lograr un uso productivo eficiente sin perjuicio del funcionamiento del bosque.

Estos lineamientos nacionales de MBGI requieren la adecuación por parte de las provincias, considerando tipos de bosque, estados de referencia, umbrales de intervención, protocolos de acción, valores especiales de conservación y establecimiento de corredores biológicos entre otros.

Ley N° 25.509. “Derecho Real de Superficie Forestal”

Promulgada en diciembre de 2001, es complementaria del Código Civil. Crea el derecho real de superficie forestal, constituido a favor de terceros por los titulares de dominio o condominio sobre un inmueble susceptible de forestación o silvicultura. Otorga el uso, goce y disposición jurídica de la superficie de un inmueble ajeno con la facultad de realizar forestación o silvicultura y hacer propio lo plantado o adquirir la propiedad de plantaciones ya existentes. Esta norma permite separar la titularidad de la tierra del vuelo forestal.

En algunas jurisdicciones ya se había avanzado en la materia, existiendo normativa específica en algunas provincias.

Actualmente la provincia de Entre Ríos, a través de la Ley N° 9.477 adhiere a la norma Nacional. En la práctica, el titular del dominio del inmueble percibe una contraprestación (canon, precio o una porción de lo plantado) y conserva el derecho de enajenar su propiedad. El superficiario tiene el derecho de plantar y disponer de la propiedad de los árboles o sea detenta la titularidad dominial sobre lo plantado, en un plazo de hasta cincuenta (50) años (Formento, S. 2003, Stevani R. 2020).

En el caso de la provincia de Buenos Aires, a partir de la Disposición Técnico Registral N° 022/2005 de la Dirección Provincial de Registro de la Propiedad, se establecieron las pautas de registración del Derecho Real de Superficie Forestal en el territorio bonaerense.

En Misiones, la Disposición N° 135/2003 de la Dirección Reg. Propiedad Inmueble establece las pautas de registración del Derecho Real de Superficie Forestal en el territorio provincial.

En Corrientes, normada por la Ley N° 5.550 “Régimen de Emprendimientos Forestales” se instituye la exención referida al Impuesto sobre los Ingresos Brutos se extenderá a las utilidades, dividendos, producidos o rendimientos que distribuyan los fideicomisos regulados por la Ley 24.441 y sus complementarias que se constituyan conforme los términos de la Ley 25.080. Asimismo, dicho beneficio se otorgará a los titulares del derecho real de superficie forestal previsto en la Ley 25.509, en tanto resulten comprendidos en los términos de la Ley 25.080. También se crea un Fondo Fiduciario Forestal con Participación Estatal. La ley obliga al Ejecutivo provincial a ceder en fideicomiso el derecho real de superficie forestal, estatuido por la Ley 25.509, de las tierras fiscales aptas para forestación, y que no tuvieren otro destino establecido por ley.

Al igual que la ley 25.080 y sus prórrogas, lo normado en la ley de derecho real de superficie forestal es extensible a cualquier forma de implementación de SAF, ya sea tomando beneficios consagrados en la 25.080 o no, o en complementariedad con medidas promocionales de orden provincial o municipal sobre la actividad forestal.

Seguro verde

En 2018 por Resolución Conjunta 1/2018 (Superintendencia de Seguros de la Nación y el entonces Ministerio de Agroindustria) se creó, en el ámbito de la primera, el Programa de Sustentabilidad Ambiental y Seguros (“PROSAS”), con el objeto de promover las inversiones en nuevos emprendimientos forestales y en las ampliaciones de los bosques existentes que se efectúen en el marco de la Ley N° 25.080. El Proyecto Seguro Verde promueve la eliminación del papel de las pólizas de seguro de vehículos y lo reemplaza por el formato digital, lo que se traduce en un ahorro de 1.140 millones de pesos por año para las compañías aseguradoras. Esto equivale al 1 % de las pólizas que será destinado a la forestación y contribuir a la mitigación de gases de efecto invernadero emitidos por autos, motos y camiones.

Este aporte consolida el financiamiento de la Ley de Inversiones para Bosques Cultivados n° 25080. El Seguro Verde contempla, para el sector forestal, aportar a los fondos de la promo-

ción forestal proveniente de todas las pólizas de seguros que se contraten para vehículos de todo tipo (automóviles, motos, camiones, etc.). Este fondo designará un 1% del valor de cada póliza digital a la Ley N° 25.080. En forma directa se engrosan los montos disponibles para el pago de AENRs destinados forestación y manejo de sistemas agroforestales, dentro de lo normado por la mencionada ley.

A la fecha de publicación de este libro cátedra desde la autoridad de aplicación se informa que se mantienen tratativas con la Superintendencia de Seguros de la Nación para definir la posibilidad de continuidad de este aporte – beneficio.

Medidas de promoción de orden provincial sobre Bosques Cultivados

Cómo abordamos al comienzo del presente capítulo, el Estado nacional ha desempeñado un rol central en los instrumentos de promoción a la actividad forestal. Sin embargo, en distintas provincias se han sancionado leyes o normas que apuntan en la misma dirección.

Los gobiernos provinciales han promulgado leyes de adhesión a la Ley 25.080 (y sus dos (2) prórrogas). Todas las provincias han promulgado sus leyes de OTBN adhiriendo a los beneficios de la Ley 26.331, algunas de ellas ya han promulgado prórrogas.

Algunas provincias han promulgado leyes que determinan créditos de enlace o “créditos puente” respecto a los recursos del sistema de incentivo nacional (por ejemplo: Decreto N°563/05 del Gobierno de la Provincia de Misiones, Leyes N°2.482 y 2.606 de Régimen de Incentivos a la Forestación de la Provincia de Neuquén, etc.) para el financiamiento de plantas, agroquímicos para el control de plagas y malezas, herramientas, logística de asistencia al productor y capacitación de técnicos y productores.

Buenos Aires

Exención del impuesto inmobiliario rural

Buenos Aires incluye dentro de sus beneficios la exención del impuesto inmobiliario rural en una tasa 1:1, según lo estipulado en el Código Fiscal Cap. III art. 137 inciso h. La operatoria del beneficio implica la obtención de un Certificado de forestación, expedido por la autoridad forestal provincial, previa una inspección en el terreno y pago de una tasa. El período de vigencia de la exención varía según el tipo de bosques y la edad del mismo, promedia un máximo de 4 años (en particular para los bosques de producción). Incluye la forestación en macizos, forestación en cortinas y los sistemas agroforestales o silvopastoriles: debe acompañarse un plan técnico que lo justifique y es aceptado un distanciamiento máximo de 8 x 8, equivalente a una densidad de 156 pl./ha.

Ley Provincial 12.662/01 de Incentivos a la actividad forestal (Plan de Incentivos)

El Plan de Incentivos a la Actividad Forestal (PIAF) consiste en la provisión de material de plantación de calidad para la realización de forestaciones en inmuebles rurales. A los efectos del Plan, son forestaciones de producción aquellas de las cuales sea posible extraer periódicamente productos o subproductos forestales de valor económico mediante su aprovechamiento racional. En este sentido, son admitidas también propuestas para el establecimiento de sistemas silvopastoriles y agroforestales, cortinas rompevientos y montes de abrigo para el ganado, todas formaciones con doble propósito en función de su buen manejo. Las cantidades máximas y mínimas de plantas entregadas a productores rurales, varían según la disponibilidad de producción propia y/o compra terceros que tenga la autoridad de aplicación. Ambos beneficios son compatibles y complementarios de los beneficios nacionales.

Córdoba

En 2017 se sancionó en Córdoba la ley N° 10.467 “Plan Provincial Agroforestal”. La normativa establece que las unidades de manejo agropecuarios de Córdoba deberán poseer un mínimo del 2 al 5% (dependiendo de indicadores, superficie del establecimiento y características de suelo, clima y región) de existencias arbóreas sobre el total de superficie. El objetivo de la misma es promover el desarrollo sostenible y mejorar la situación social, ecológica, paisajística y de producción de las diversas áreas de la Provincia, coadyuvar en el ámbito de aplicación de las buenas prácticas agropecuarias, así como incentivar la protección de los suelos y mejorar la calidad del aire y el agua. Entre otros, consta de la Posesión Arbórea presentándose de las siguientes formas:

- Macizos forestales: con destinos hacia la forestoindustria, bioenergía, conservación de fauna, usos múltiples, etc.
- Cortinas Forestales: destinadas a la protección de la erosión eólica, embellecimiento paisajístico, biofiltros, etc.
- Montes frutales y parques.
- Enriquecimiento de montes existentes en caso de no cumplir con las densidades mínimas

En el marco de la norma los sistemas agroforestales son flexibles para su uso por los productores agropecuarios.

A partir de esta ley, existe una gran oportunidad de transformar esta exigencia en una alternativa productiva. La norma es compatible y complementaria con la Ley N° 25.080.

Corrientes

En 2011 se sancionó la Ley N° 6058 de promoción de pequeñas y medianas forestaciones. El régimen consiste en adelantar el pago de los apoyos económicos no reintegrables (AENR) de la ley 25080 (y sus prórrogas) lo cual se realizaría en un plazo estimado de 60 días luego de verificadas las actividades en terreno. Podrán ingresar a este sistema los productores que realicen la actividad plantación en superficies menores o iguales a las 50 hectáreas y que tengan presentado el proyecto correspondiente en el marco de la ley 25080. La provincia hará frente a los adelantos por medio de un fondo especial creado para solventar el adelanto, que será del 85%, a los productores. El productor deberá firmar una cesión de derechos por la totalidad del monto a percibir con el fin de retroalimentar el Fondo.

Neuquén

Por la Ley N° 2.482/04 se creó un Régimen de Incentivos Forestales a través del cual se instrumentan en forma directa el aporte no reintegrable que cubre los costos de implantación, material de plantación y alambrados para forestaciones comunitarias y de pequeños productores; el aporte no reintegrable que cubre los costos de implantación de forestaciones de medianos y grandes forestadores y el aporte no reintegrable para el manejo de plantaciones (poda y raleo) a cualquier superficie. Los programas establecidos funcionan complementariamente con las leyes nacionales.

Salta

La Ley N° 6.635/91 establece un régimen de promoción forestal. Consiste en otorgar créditos para promover las siguientes actividades: forestación y reforestación de hasta 10 ha en general y 15 ha en zonas de frontera; creación de semilleros y viveros forestales; establecimiento de industrias forestales y educación forestal. Plantea además otorgar beneficios impositivos como exención del impuesto inmobiliario mientras dure la plantación y sellos.

Santa Fe

La nueva ley del Árbol de Santa Fe, Ley N° 13.836/2018, determina entre otras cuestiones que los propietarios de partidas inmobiliarias rurales, deben destinar un porcentaje de su superficie a la forestación progresiva de árboles, de acuerdo a la región agroeconómica en la que se encuentren. Para el cumplimiento de tales fines, se establecen cinco (5) categorías, de acuerdo a la superficie, las cuales deberá forestar respectivos porcentajes del total de la superficie del esta:

Categoría 1: superficie \geq a 1.500 ha; 1,0% 1,1% de la superficie;

Categoría 2: e/ 1.499 y 500 ha; 0,8% 0,9%, 1,0% de la superficie;

Categoría 3: e/ 499 y 200 ha; 0,6% 0,7% 0,8% de la superficie;

Categoría 4: e/ 199 y 20 ha; 0,4% 0,5% 0,6% de la superficie;

Categoría 5: <20 ha; 0,3% 0,4% 0,5%.

También se bonificará con una reducción de hasta el quince por ciento (15%) del Impuesto Inmobiliario, durante el término de un año, a los titulares de las partidas inmobiliarias que cumplan con la forestación pautaada.

De la lectura de la norma se entiende que los diseños de forestación propuestos incluyen sistemas agroforestales.

Misiones

El Decreto Provincial N° 563/05 crea el Plan de Desarrollo Forestal Local "Pequeño Silvicultor" para financiar parcial o totalmente la compra de herramientas menores (machetes, azadas y serrucho para podar), equipamiento para consorcios de manejo del fuego, capacitación a técnicos, profesionales y productores. Se incluye el pago de mano de obra para superficies de hasta 10 hectáreas; adquisición de plantas y hormiguicidas y la logística de distribución de los mismos, consultoría y auditoría externa. Este Plan será destinado a los Productores y Entidades Presentantes de Proyectos de Pequeños Productores Agrupados, que se acojan a los beneficios de la Ley N° 25.080 y los recursos se asignarán a cuenta de los (AENR) Aportes Económicos No Reintegrables previstos en la Ley N° 25.080. Los propietarios/permisionarios de Tierras que se acojan al Plan "Pequeño Silvicultor" cederán a la entidad con quien el Estado Provincial convenga, su crédito en carácter de beneficiario del (AENR) Aporte Económico No Reintegrable de la Ley N° 25.080; a los fines de su oportuno cobro ante la autoridad de aplicación nacional.

Reflexiones finales

Como se menciona en otros capítulos de esta obra, el pastoreo bajo cubierta forestal es una práctica arraigada en nuestro país debido, en parte, a la continua expansión de la ganadería sobre ecosistemas forestales nativos.

Sin embargo, los SSP tomaron relevancia para el sector técnico-científico hace pocos años (Kozarik, 1993; Schlichter et al., 1999; Laclau, 2015) entre otros motivos por la preocupación creciente por los efectos del ganado sobre la regeneración forestal (Laclau, 2015) pero también

en plantaciones forestales, por el desarrollo de la cubierta herbácea bajo dosel y sus posibilidades forrajeras (López y Hnatiuk, 1995, Laclau, 2015). El abordaje de esta problemática y las oportunidades asociadas, sumadas a la difusión de prácticas silvopastoriles en áreas forestadas del país, fueron integrados en un proyecto nacional de investigación del INTA a partir de 2004 (Laclau, 2015).

En los últimos años, en el marco de la ley 25.080 (sus prórrogas y modificaciones), algunos planes de SAF - SSP que incluyen forestaciones con exóticas de rápido crecimiento han recibido los beneficios consagrados en la norma. En el marco de la ley 26.331, se han presentado un gran número de planes de manejo que incluyen SSP bajo lineamientos de MBGI. Existe complementariedad con los beneficios provinciales a la actividad forestal que incluyen directamente a los SAF – SSP.

Por lo tanto, podemos concluir que las medidas de apoyo para el desarrollo de los SAF-SSP se han incorporado a las políticas vigentes para el sector forestal de nuestro país

Referencias

- Borrás, M., Manghi, E., Miñarro, F., Monaco, M., Navall, M., Peri, P.L., Periago, M.E., Preliasco, P. (2017). Acercando el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada al monte chaqueño. Una herramienta para lograr una producción compatible con la conservación del bosque. Buenas prácticas para una ganadería sustentable. Kit de extensión para el Gran Chaco. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires.
- Formento, S. (2003). Empresa Agraria y sus contratos de Negocios. Editorial Facultad de Agronomía- UBA. ISBN 950-29-0732-9.
- Kozarik, J. C.(1993). Los Sistemas Agroforestales en la Argentina. Facultad de Ciencias Forestales/ ISIF (UNaM). Eldorado, Misiones, Serie Técnica N° 2, 73 p.
- Laclau, P. (2015). Instrumentos de Política Pública y Sistemas Silvopastoriles. En el 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. Pág. 49-433. Ediciones INTA, 2015.ISBN 978-987-521-611-2
- López, E.J., y G. A. Hnatiuk.(1995). Sistemas combinados de producción. Actas VIII Jornadas Técnicas: La Economía Forestal y el Desarrollo Sustentable. Facultad de Ciencias Forestales/ ISIF (UnaM). Eldorado, Misiones, 11 al 13 de octubre de 1995: 20-21
- Navall, M., Peri, P.L., Merletti, G., Mónaco, M., Carranza, C., Medina, A. (2017). Informe Políticas Forestales Industriales y Ambientales INTA. “Acuerdo MBGI: una iniciativa para devolver el significado a los “Sistemas Silvopastoriles” sobre Bosques Nativos”. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-acuerdo_mbgj.pdf
- Peri P.L. (2012). Implementación, manejo y producción en SSP: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 8-21, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo 2012.

- Peri, P.L., Paez, J.A., Marcovecchio, J., Carranza C., Laclau P., Schlichter T.(2015). Política forestal en apoyo a la implementación de sistemas silvopastoriles en Argentina. Libro de Actas 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales, pp. 391-396. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz: Ediciones INTA, 2015. ISBN 978-987-521-611-2.
- Peri, P. (2017). Manejo de Bosque Nativo con Ganadería Integrada (MBGI). Marco político y conceptual. Oportunidades y límites para la expansión de la ganadería. Relatorio presentado en la Jornada Producción Animal en Sistemas Agro-Silvo Pastoriles, del 40° Congreso Argentino de Producción Animal, 6 de noviembre de 2017, Córdoba, Argentina.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). (2017). Informe de estado de implementación 2010-2016. Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos y planes alcanzados por el Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos. Junio 2017.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). (2019). Informe de estado de implementación 2010-2018. Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos y planes alcanzados por el Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos. Junio 2017.
- Schlichter, T.; Laclau, P.; Dalla Salda, G.; Fernández, M.E.; Raffaele, E., y J.Gyenge.(1999). Viabilidad ecológica y económica de la forestación con coníferas en sistemas silvopastoriles. Informe final, Proyecto de investigación (PIA) N° 26/96, Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA)/ INTA EEA Bariloche, 35 pp.
- Stevani, R. (2020). Capítulo X. Promoción a la Actividad Forestal. En: “Plantaciones forestales en Argentina: Fundamentos técnicos y metodologías para la realización de forestaciones en diferentes regiones”. Coordinadores: Galarco, S. y Ramilo, D. Colección: Libros de Cátedra. Editorial: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). ISBN: 978-950-34-1898-7. Link de acceso gratuito: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/101543>

CAPÍTULO 14

Contenidos sobre sistemas agroforestales en los planes de estudio

Raúl Stevani, Sebastián Galarco, Diego Ramilo, Tatiana Cinquetti y Sandra Sharry

Los desafíos de la agricultura mundial y la de nuestro país, requieren un ingeniero agrónomo y/o forestal capaz de transformar el medio empleando nuevos enfoques para la actividad agropecuaria. El planteo de sistemas agroforestales (SAF) constituye una opción productiva sustentable. Sin embargo, se encuentran ciertas limitaciones para incorporar nuevos contenidos en los planes de estudio de las carreras de grado. Las limitaciones formales que imponen la escasez de tiempo, la rigidez de los planes de estudio y las costumbres, requieren una actitud proactiva de los docentes. Por otra parte, son pocos los profesionales capacitados en la temática. El planteo de sistemas agroforestales (SAF) es una opción productiva sustentable que conlleva un enfoque multidisciplinario, que debe ser abordado como tal. Por lo tanto, son contenidos que deberían incluirse tanto en la formación de Ingenieros Agrónomos como de Ingenieros Forestales.

En este capítulo se presenta una revisión de los contenidos sobre Sistemas Agroforestales que se imparten en las distintas Universidades Nacionales argentinas que ofrecen las carreras de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Forestal.

El objetivo fue describir la situación actual de la enseñanza de la agroforestería mediante el análisis de los planes y programas de estudio de carreras agropecuarias y forestales impartidas a estudiantes de instituciones públicas de educación superior de Argentina.

Se realizó un análisis de los planes de estudio vigentes, con una revisión crítica de los programas de materias afines al tema. Se basó en la búsqueda de información disponible en internet de carreras de Ingeniería Agronómica y de Ingeniería Forestal de Universidades Nacionales de Argentina. Para definir y reconocer las materias y/o temas agroforestales, se consideró el concepto general de sistemas agroforestales y de agroforestería y la clasificación de sistemas agroforestales propuestos por diferentes autores (ver capítulo 1 y 2 de este libro)

En principio llama la atención la falta de cursos específicos regulares en la temática en la totalidad de las casas de estudio. Con la excepción de la UBA, la UNRC y la UNT cuyos planes de estudio de Agronomía incluyen un curso optativo en la temática, ninguna otra Universidad

Nacional, contempla los contenidos en sistemas agroforestales como materia o curso, sino que solo conforman una unidad temática, y en la mayoría de los programas, sólo tienen alguna mínima mención dentro de alguna unidad.

Analizando los planes de estudios para ambas carreras en todas las Universidades Nacionales públicas que las dictan, se corrobora lo antes mencionado, **en los planes de estudio es posible observar que el tema aún no ha ocupado el espacio que merece en las unidades académicas del país.** La Tabla 1 detalla los resultados del análisis realizado.

Tabla 1: Tratamiento de los contenidos sobre SAF en las carreras de Agronomía de Universidades Nacionales de Argentina.

Universidad	Facultad	Título expedido	Curso	Contenidos de SAF			Provincia
				Unidad Completa	Parte de Unidad	Curso optativo	
UBA	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Producción Forestal	SI	-	SI	CABA
UNC	Cs. Agropec.	Ing. Agr	Arboricultura	-	SI	-	Córdoba
UNCa	Cs. Agrarias	Ing. Agr	Dasonomía	-	si	-	Catamarca
UNCoMa	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Dasonomía	-	-	-	Rio Negro
UNCu	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Dasonomía	-	SI	-	Mendoza
UNDEC	Ing. Agronómica	Ing. Agr	Dasonomía	-	-	-	La Rioja
UNER	Agronomía	Ing. Agr	Dasonomía	-	-	-	Entre Ríos
UNICEN	Agronomía	Ing. Agr	Dasonomía	SI	-	-	Bs. Aires
UNJu	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Dasonomía	-	SI	-	Jujuy
UNL	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Dasonomía	-	SI	-	Santa Fe
UNLP	Cs.Agrarias y Forestales	Ing. Agr	Int. A la Dasonomía	SI	-	-	Bs. Aires
UNLR	Agronomía	Ing. Agr	Silvicultura	-	-	-	La Rioja
UNLu	Agronomía	Ing. Agr	Produc. Vegetal IV-Dasonomía	SI	-	-	Bs. Aires
UNLZ	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Silvicultura	-	SI	-	Bs. Aires

UNMDP	Cs. Agrarias	Ing. Agr	Int. alas Cs. Forestales	-	SI	-	Bs. Aires
UNAM	Cs. Forestales	Ing. Agr	Sist. Agros Forestales	-	-	SI	Misiones
UNNE	Cs. Agrarias	Ing. Agr	Silvicultura	-	-	-	Corrientes
UNNOBA	Esc. Cs. Agrs. Nat y Ambiente	Ing. Agr	No tiene	-	-	-	Bs. Aires
UNR	Cs. Agrarias	Ing. Agr	No tiene	-	-	-	Santa Fe
UNRC	Agronomía y Veterinaria	Ing. Agr	Dasonomía	-	SI	SI	Córdoba
UNRN		Ing. Agr	Dasonomía	-	-	-	Rio Negro
UNS	Agronomía	Ing. Agr	Dasonomía	-	SI	-	Bs. Aires
UNAS	Cs. Naturales	Ing. Agr	Silvicultura	SI	-	-	Salta cap.
UNAS	Cs. Naturales	Ing. Agr	Silvicultura	-	-	-	Salta. Sede
UNSE	Agronomía y Agroindustrias	Ing. Agr	No tiene	-	-	-	Sgo. Del Estero
UNSJ	Dpto. Ing. Agronómica.	Ing. Agr	Silvicultura	-	-	-	San Juan
UNSL	Agronomía	Ing. Agr	Dasonomía	-	SI	-	San Luis
UNT	Agronomía y Zootecnia	Ing. Agr	Dasonomía	-	-	SI	Tucumán
UNVM	Agronomía	Ing. Agr	Producción Forestal	-	SI	-	Córdoba
UNLPAM	Agronomía	Ing. Agr	Intr. a la Dasonomía	-	SI	-	La Pampa

Elaboración propia con información obtenida de las Páginas web de cada Universidad. Cabe consignar que en algunos casos no fue posible acceder al programa analítico del curso específico, por ello no se señala ningún contenido.

Otra forma de visualizar el análisis curricular realizado, se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2: Tipo de curso, cantidad y Universidad que tratan contenidos sobre SAF.

Cursos	Cantidad	Universidad
Cursos obligatorios	1	UNAM
Curso optativo + unidad completa de SAF	1	UBA
Curso optativo + parte de una unidad temática de SAF	1	UNRC
Curso optativo	2	UNAM, UNT
Curso con unidad completa temática de SAF	4	UNICEN, UNLP, UNLu, UNAs
Curso con parte de una unidad temática de SAF	11	UNC, UNCa, UNCu, UNJu, UNL, UNL-PAM, UNLZ, UNMDP, UNS, UNSL, UNVM
Curso sin contenido de SAF	8	UNAS, UNCoMa, UNER, UNNE, UNAS, UNLR, UNRN, UNSJ
Sin curso	3	UNNOBA, UNR, UNSE
Total		29

Elaboración propia.

Respecto a contenidos sobre Sistemas Agroforestales,

- en las treinta (**30**) Facultades pertenecientes a veintinueve (**29**) Universidades Nacionales que expiden título de Ingeniero Agrónomo, **sólo en una** existe como curso regular obligatorio (UNaM), en cuatro de ellas existe como modalidad optativa (UBA, UNRC, UNAM, UNT);
- en cinco (**5**) facultades (UBA, UNICEN, UNLP, UNLu, UNAS) en los cursos pertinentes el tratamiento es una unidad completa. Una de ellas, (UBA) también tiene la modalidad optativa;
- en once (11) unidades académicas el componente sistema agroforestales ocupa una parte de una unidad, y en una de ellas (UNRC) también con modalidad optativa.

El nombre del curso que incorpora contenidos sobre SAF toma diferentes denominaciones en las distintas unidades académicas: Dasonomía, Introducción a la Dasonomía, Silvicultura, Arboricultura, Producción forestal o Introducción a las Ciencias Forestales. Por ejemplo, en el curso de Introducción a la Dasonomía-FCAyF-UNLP, materia obligatoria para la carrera de Ing. Agrónomo y optativo para la carrera de Ing. Forestal, Además, se contemplan los fundamentos

básicos de la actividad forestal en el medio rural como elemento fundamental de un desarrollo sustentable mediante la instalación de sistemas agroforestales.

Plantear programas transversales (actividades optativas), como recurso idóneo para la incorporación gradual de nuevos contenidos, en primera instancia pareciera ser la forma de contar con estos contenidos imprescindibles. Por ejemplo, en la FCAyF-UNLP los *espacios curriculares optativos* de los Planes de Estudios tienen como objetivo potenciar la formación de grado generando una vía para la modernización permanente del curriculum mediante un menú abierto de cursos, seminarios, talleres, pasantías, becas de experiencia laboral, prácticas profesionales, ayudantías de alumnos, eventos científicos según las pautas establecidas en la reglamentación vigente. Según Amieva (1996), aunque resulte paradójico, las asignaturas optativas se definen mejor si antes hemos analizado las asignaturas troncales y obligatorias no troncales de la carrera, fundamentalmente en lo que concierne a sus contenidos. Éstas son las que en primer lugar debieran manifestar su flexibilidad para incorporar nuevos conocimientos, tanto conceptuales como procedimentales.

Analizando las Facultades donde se expiden títulos de Ingeniero Forestal (Santiago del Estero, La Plata, Misiones, Formosa y de la Patagonia San Juan Bosco), encontramos que en dos (2) Universidades Nacionales (Formosa y Santiago del Estero) existen cursos regulares (Agroforestería y Agrosilvicultura), mientras que en la UNPSJB se dicta un curso optativo (Manejo Agroforestal). En la UNAM en la carrera de Ingeniería Forestal existen dos cursos optativos (Sistemas Agroforestales y Sistemas silvopastoriles) y en la Maestría en Ciencias Forestales de la UNaM existe un curso optativo. En la Tabla 3 se muestran los resultados pertenecientes a las carreras de Ingeniería Forestal.

Tabla 3 Carreras de Ing. Forestal que tratan contenidos sobre SAF.

Universidad	Facultad	Título expedido	Curso	Contenidos de SAF				Provincia
				Curso obligatorio	Curso optativo	Unidad Completa	Parte de Unidad	
UNAM	Cs. Forestales	Ing. Ftal	Silvicultura II	-	SI	-	-	Misiones
UNFo	Rec. Naturales	Ing. Ftal	Agroforestería	SI	-	-	-	Formosa
UNLP	Cs. Agrarias y Forestales	Ing. Ftal	Silvicultura	-	-	SI	-	Bs. As
UNPSJB	Ingeniería	Ing. Ftal	Manejo Agroforestal	-	SI	-	-	Chubut
UNSE	Cs. Forestales	Ing. Ftal	Agrosilvicultura	SI	-	-	-	Sgo. Del Estero

Elaboración propia con información obtenida de las Páginas web de cada Universidad.

Situación en la región

En los últimos años, la agroforestería se ha promovido y desarrollado mayoritariamente en diversos centros de investigación del mundo y América Latina. En el año 1998, Burley y Speedy presentaron un trabajo titulado *Investigación Agroforestal: Perspectivas Globales* donde se mencionan las principales instituciones que investigan en este tema y que aún siguen vigentes, como el Centro Internacional para Investigación en Agroforestería (ICRAF), Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Instituto de Forestal de Oxford (Reino Unido, OFI) y la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) que tiene grupos de trabajo en agroforestería. El artículo muestra la extensión de la colección de germoplasma, evaluación y diseminación de árboles multipropósito y se centra particularmente en trabajos referentes a sistemas de nutrición y producción animal, con sugerencias para investigación y desarrollos futuros.

Con el objetivo de sintetizar el estado del conocimiento de los sistemas agroforestales en Sudamérica y comparar la investigación desarrollada en dichos países, Soler et al (2015) realizaron una revisión bibliográfica en siete de ellos (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay y Perú), referida a los componentes que conforman los sistemas agro-silvo-pastoriles, las sub-categorías dentro de cada componente, el componente bajo estudio dentro de un sistema productivo, el objeto de estudio de las investigaciones, y la generación de recomendaciones. Este estudio demuestra la importancia que se ha dado al estudio del componente forestal en Sudamérica y la necesidad imperiosa de generar más conocimiento relativo al componente ganadero.

Por su parte, en la enseñanza de las carreras agropecuarias impartidas en las universidades latinoamericanas, la mayor relevancia a la agroforestería se ha dado en los programas de estudio y líneas de investigación de los postgrados, con una reducida inclusión de los conceptos, temas y asignaturas agroforestales en los planes de estudio de las carreras de licenciatura (Grande Cano et al, 2008)

En los países de Centro y Sudamérica los contenidos sobre agroforestería y SAF son tratados en cursos dentro de una carrera, o son carreras de grado o posgrado. Esto demuestra que la inclusión y la profundidad de tratamiento de este tema es muy superior a nuestro país. En Guatemala (Universidad del Valle, Altiplano), en Colombia (Universidad de Nariño), en Perú (Universidad Científica del Sur, Lima) y en Paraguay (Universidad Caaguazú, Facultad de Ciencias de la Producción en Cnel. Oviedo), en México (Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelos) se expiden títulos universitarios en Ingeniería Agroforestal o Licenciatura en Ciencias Agroforestales, ya no un curso sino una carrera completa enfocada en el tema.

En la región existe una oferta importante de posgrado en la temática, por ejemplo, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE de Costa Rica dicta una Maestría en Agroforestería y Agricultura Sostenible.

Cabe mencionar que en carreras afines como Ingeniería en Recursos Naturales o Zootecnia pueden aparecer cursos o contenidos sobre la temática. En la Tabla 4 se muestran los resultados encontrados para las carreras de Ingeniería en Recursos Naturales.

Tabla 4. Carreras de Ing. en Recursos Naturales que tratan contenidos sobre SAF.

Universidad	Facultad	Título expedido	Curso	Contenidos de SAF			Provincia
				Unidad Completa	Parte de Unidad	Curso optativo	
UNLPAM	Cs. Exactas y Naturales	Ing. RN y MA	Diversidad Biológica II	-	SI	-	La Pampa
UNLPAM	Cs. Exactas y Naturales	Ing. RN y MA	Manejo de Bosques Naturales	-	SI	-	La Pampa
UNPA	Unidad Académica Río Gallegos	Ing. RN Renovables	No tiene	-	-	-	Sta. Cruz
UNCU	Cs. Agrarias	Ing. RN Renovables	Dasonomía	-	-	SI	Mendoza
UNLaR	Dto. Académico de Cs. Y Tec. Aplicadas a la Prod., al Ambiente y al Urbanismo	Ing. En R Renovables para Zonas Áridas	Recursos Forrajeros y Manejo de Pastizales en Zonas Áridas	-	SI	-	La Rioja

Elaboración propia con información obtenida de las Páginas web de cada Universidad.

Por otro lado, es importante resaltar que la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Pampa, tiene dentro del currículum, de manera obligatoria la materia Manejo de Pastizales Naturales (5to año), en donde se aborda la temática de las especies leñosas y los campos naturales, haciendo hincapié en la importancia de las mismas en los sistemas de producción ganaderos.

En cuanto a la carrera de Ingeniería Zootecnista, se han analizado los planes de estudio encontrados en las páginas web de UNLZ (Universidad Nacional de Lomas de Zamora), UNC, UNF. De los mismos, se desprende que los SAF no se encuentran como asignaturas obligatorias dentro del currículum.

Conclusiones

Según Ospina (2003), en las tierras tropicales de Asia, Oceanía, África y América las distintas culturas generaron diversas formas agroproductivas, con elevada biodiversidad de las que obtenían distintos alimentos, bienes y servicios. Estas culturas desarrollaron creativos sistemas

de producción, donde asociaban especies leñosas, cultivos transitorios, semipermanentes, permanentes, pastos y animales, resultado de la lenta experimentación. Los modelos exógenos impulsados como el monocultivo agroindustrial han contribuido al deterioro de la naturaleza y la erosión de saberes tradicionales muy antiguos como los agroforestales (Ospina 2003).

Los SAF constituyen una forma racional de manejar los recursos en donde el suelo y el ambiente obtienen beneficios. Su adopción en diferentes regiones productivas del país es una realidad, constituyendo el principal sistema productivo en alguna de ellas. Los sectores de la producción reclaman respuestas técnicas para estos planteos y por ende los egresados de las carreras de ingeniería agronómica y forestal deben contar con herramientas para dar respuestas a estos requerimientos.

En Argentina, la agroforestería se practica en varias regiones como se ha descrito en este libro y presenta diferentes grados de desarrollo, donde la investigación sobre el tema empezó hace poco más de veinte años y su enseñanza formal en las instituciones educativas es aún más reciente.

Los contenidos referidos a SAF que se encuentran en los planes de estudio vigentes en las carreras de Ing. Agronómica del país son incompletos y deben ser profundizados. La situación frente a los planes de estudio de ingeniería forestal es un poco más avanzada.

La situación descrita es preocupante, particularmente si se considera que la promoción, desarrollo y aplicación de las prácticas y sistemas agroforestales, las actividades de educación, capacitación, extensión y asistencia técnica son estratégicas y que en las carreras agropecuarias de varios países latinoamericanos es común la existencia de grandes deficiencias y vacíos en la enseñanza de la agroforestería (Ortiz, 1996), lo cual además de restringir su conocimiento, puede limitar el avance de los programas de adopción y establecimiento de tales sistemas de uso del suelo por parte de los productores. La estructura educativa que dé cuenta de la necesidad socio-económica-ambiental de practicar una agricultura sostenible, tiene que tener una gran flexibilidad para cubrir las necesidades del sistema. En este sentido, entre las múltiples dimensiones de análisis que generan los sistemas agroforestales, es preciso tomar en cuenta la formación profesional de los futuros ingenieros agrónomos y forestales. Especialmente se debe contar con recursos humanos en cantidad y calidad suficientes para atender la temática, con la mira puesta en un verdadero desarrollo e implementación de SAF en cada una de las regiones de nuestro país. La pertinencia social de las instituciones educativas está determinada en buena medida, por la demanda que la sociedad hace de sus recursos humanos capacitados para desempeñarse con eficiencia en las áreas de su competencia, con la finalidad de contribuir al desarrollo armónico del país (Marcano y Petit 2016). Es importante dar paso a disciplinas nuevas, integrales, que enfoquen y estudien la problemática agroforestal, capaces de responder a los grandes desafíos de un mundo cambiante.

Desde nuestro curso de Introducción a la Dasonomía, en la carrera de Ingeniería Agronómica de la UNLP abogamos porque se profundice el tratamiento de los temas agroforestales, en ese sentido este libro cátedra persigue esos objetivos.

Referencias

- Amieva, R. (1996). Flexibilidad curricular de algunas estrategias de implementación. Apuntes para la Enseñanza. Universidad Nacional de Río Cuarto Facultad de Ingeniería Gabinete de Asesoramiento Pedagógico. Disponible en: http://www.ing.unrc.edu.ar/gapi/archivos/FLEXIBILIDAD_CURRICULAR-ALGUNAS ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION.pdf
- Burley, J., y A.W. Speedy (1998). Investigación Agroforestal – Perspectivas Globales. En: Conferencia Electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal Estado del conocimiento de las investigaciones en sistemas agro-silvo-pastoriles: una mirada para Sudamérica Grande-Cano J, Torres-Rivera J, Losada-Custardoy H, Rivera Martínez J, Maldonado-García N., Nahed-Toral J. y Fernando Pérez-Gil. (2008). La enseñanza de la agroforestería en los programas de estudio de las carreras agropecuarias en México Zootecnia Trop., 26(3): 407-409.
- Marcano, A y Petit Aldana, J. (2016). Proyecto de creación del programa académico de ingeniería en agroforestería. Tomo ii. 10.13140/RG.2.1.3948.1363.
- Ortiz G. (1996). La agroforestería en Ecuador. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. Disponible en línea en: www.fao.org/regional/lamerica/redes/sisag/informes/ecu/prolo.html.
- Ospina, A. (2003). Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Cali, Colombia: Acasoc. 205 p.
- Soler R; PL Peri; HA Bahamonde; V Gargaglione; S Ormaechea; L Sánchez-Jardón; MV Lencinas; G Martínez Pastur. (2015). Estado del conocimiento de las investigaciones en sistemas agro-silvo-pastoriles: una mirada para Sudamérica. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz: Ediciones INTA, 2015.

Los autores

Coordinadores

Sharry, Sandra Elizabeth

Doctora en Ciencias Naturales. Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata (FCNyM-UNLP). Profesor Titular Ordinario del curso Introducción a la Dasonomía-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP). Profesor Titular Ordinario, cursos de Silvicultura y de Educación Ambiental, Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), Sede Atlántica, Viedma. Profesora de posgrado en Agrobiotecnologías (DOCA-RUNA) y de Bioética en la Universidad del Museo Social Argentino (UMSA). Investigadora Categoría I del Laboratorio de Investigaciones de la Madera (LIMAD-FCAyF-UNLP) y Profesional Principal de CICPBA. Actualmente dirige proyectos de investigación y extensión relacionados con el tema del libro, así como becarios y tesis doctorales. Ha publicado varios libros, capítulos y artículos en su especialidad. Fue Decana y Vice Decana de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

Stevani, Raúl Alberto

Ingeniero Agrónomo, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP) en 1979. Docente en el curso de Introducción a la Dasonomía desde el año 1994. Jefe de Trabajos Prácticos Ordinario. Director Forestal del Ministerio de Asuntos Agrarios. Consultor del Consejo Federal de Inversiones y particular en proyectos forestales. Organizador, coordinador y disertante en numerosos eventos de la actividad forestal. Ha cursado la Especialización a la Docencia Universitaria de la Presidencia de la UNLP y diversos cursos afines a costos de producción y elaboración de la madera, formulación de proyectos de Silvicultura Social, toma de decisiones en la empresa forestal, evaluación de inversiones forestales. Elaboración y participación en proyectos de Extensión Universitaria, Autor de numerosos trabajos de extensión, tecnológicos y de difusión.

Galarco, Sebastián Pablo

Ingeniero Forestal egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP en 1997. Especialista en Docencia Universitaria, UNLP, 2014. Se desempeña como Profesor Ad-

junto del curso de Introducción a la Dasonomía. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Participante de dos proyectos de investigación: “Propagación vegetativa de especies leñosas: análisis de los procesos y mecanismos que la determinan” y “El arbolado urbano en dunas costeras. Interacción y aprendizaje del entorno forestal”. Prosecretario de Asuntos Académicos Forestales entre 2017 y 2019. Actualmente es Director Adjunto del Centro de la Madera de la FCAyF. Es profesional de la Dirección de Bosques y Forestación de la Provincia de Buenos Aires, y entre 2010 y 2017 fue Director de Bosques de Buenos Aires. Entre 2000 y 2010 fue Director de la Estación Forestal y Vivero Parque Pereyra Iraola. Dirección y participación en proyectos de Extensión Universitaria, Autor de numerosos trabajos de investigación, extensión, tecnológicos y de difusión

Autores

Barth, Sara Regina

Ingeniera Forestal FCF 2001 – UnaM; Magister en Ciencias Forestales. Orientación Silvicultura y Manejo Forestal. Facultad de Ciencias Forestales 2008 (FCF – UnaM); , Doctor en Ciencias Agropecuarias 2016 (UNC), Diplomatura en Bases y Herramientas para la Gestión Integral del Cambio Climático. Universidad Nacional de Quilmes 2020 (UNQui). Se desempeña como Jefe de Trabajos Prácticos en los cursos de Agrometeorología y en Bioestadística en la FCF – UnaM. Participa como Jefe de Grupo de Trabajo Forestal INTA EEA Montecarlo Misiones. Coordinadora del Proyecto local PL419 - PIT031: Transferencia y extensión como herramientas de adopción del manejo silvícola, la gestión de la biodiversidad y los servicios ambientales en sistemas productivos. Investigador del área forestal INTA EEA Montecarlo. Entre sus publicaciones más recientes destacan

“Sistemas Silvopastoriles desarrollados en Misiones y N. de Corrientes”; “*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., yerba mate orgánica bajo dosel de especies nativas maderables, una propuesta de producción sustentable”.

Bolaños, Víctor R.A.

Ingeniero Agrónomo, FCAyF (UNLP), actualmente se desempeña en el curso de Forrajicultura y Praticultura de la FCAyF, como Jefe de Trabajos Prácticos. Es Investigador en formación Cat. (IV) UNLP, se encuentra finalizando el doctorado con Beca Doctoral CONICET en la Escuela Para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano, FAUBA. Integra dos proyectos de investigación y extensión vinculados a la ganadería vacuna en la Pampa Deprimida. FCAyF – UNLP, y también integra el comité evaluador de la revista *Caldasia* ISSN 0366-5232. Instituto de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Es autor y coautor de numeras publicaciones entre las que destacan: “Rotational grazing improves grassland condition of the halophytic steppe in Flooding Pampa (Argentina)”; “Temperaturas de Germinación de

Cuatro Gramíneas Nativas del Pastizal Halofítico de la Pampa Deprimida, Argentina” y “Dormancy and soil type as determinant factors for the germination and establishment of *Chloris berroi* in the Flooding Pampa”.

Caballé, Gonzalo

Ingeniero forestal FCAYF, (UNLP). Dr. En Ciencias Agropecuarias FAUBA, UBA. Profesional del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bariloche, Río Negro. Investigador. Temática: tecnología de la madera de especies implantadas en Patagonia Norte (pino ponderoso, pino Oregón y salicáceas); sistemas silvopastoriles con coníferas. Es autor y coautor de numerosas publicaciones entre las que destacan: “Where to find structural grade timber: A case study in ponderosa pine based on stand and tree level factors” en *Forest Ecology and Management* 149; “Local adaptation along a sharp rainfall gradient occurs in a native Patagonian grass, *Festuca pallescens*, regardless of extensive gene flow”; Stand density management diagrams of *Eucalyptus viminalis*: predicting stem volume, biomass and canopy cover for different production purposes. Participa en varios proyectos de investigación y extensión de INTA.

Cancio, Hernán Horacio

Ingeniero agrónomo. FAUBA, (UBA). Profesional independiente. Ex profesional del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Alto Valle de Río Negro. 2004-2018. Investigador y extensionista. Temática: cultivo de especies forrajeras en los valles irrigados del norte de la Patagonia. Participó como coautor en distintos artículos entre los que destaca: “Evaluación de tecnologías alternativas de manejo para disminuir los daños causados por el viento en frutos de pera cv. Williams, en el alto valle de Río Negro, Argentina”. También participa en distintos proyectos de investigación y extensión de INTA.

Tatiana Cinquetti.

Estudiante avanzado de la carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Universidad Nacional de La Plata). Experiencia en investigación en Ciencias Forestales y Biotecnologías, en el LIMAD- Centro de Propagación Vegetativa (C.E. Pro. Ve). Proyectos de investigación vinculados al cultivo in-vitro de *Brachychiton populneus* y *Chorisia speciosa*. Previamente investigación en Cs. Veterinarias. Actualmente desarrolla actividades de investigación y extensión en Cs. Forestales y análisis de planes de estudio. Consultora en el Proyecto PNUD ARG 15/G 53.

Eibl, Beatriz

Magister en Ciencia Agropecuarias en el área de Tecnología en Semillas. Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Especialista en Conservación para la Biodiversidad de las Plantas. Jardín botánico de Kew. Londres. Inglaterra. Profesor Titular, Investigador Categoría II. Jubilado. Facultad de Ciencias Forestales (FCF), Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Docente cola-

borador Sistemas Agroforestales. Ingeniería Agronómica. FCF-UNaM Cursos Extensión y Vinculación en Capacitación en Semillas y Viveros de Nativas. Profesionalmente se desempeña en viverización y reconocimiento de plántulas forestales. Semillas y viveros forestales. Propagación de Especies Nativas. FCF-UNaM. Curso dirigido a técnicos, estudiantes, productores, profesionales. Es autora de numerosas publicaciones entre las que se destacan: Eibl B I, Lopez M A. 2017. Biodiversidad arbórea para la producción, la restauración y la conservación en la Provincia de Misiones, Eibl B I; Montagnini F; Lopez M A, Lopez L N, Montechiesi R, Esterche E. 2017. Organic yeba mate-Ilex paraguariensis-under native timber species: a proposal for sustainable production. Cap. 11. Montagnini, F. (Ed.) Integrating landscapes: Agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty. Advances in Agroforestry, Springer, New York.

Esquivel, Jorge Isaac

Especialista en Gestión Económica de la Empresa Agropecuaria. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Ingeniero Agrónomo (UNNE). Docente Adjunto de la Cátedra de Bases Agroecológicas para la Producción Agropecuaria en la Universidad del Salvador - Virasoro (USAL). Docente en los cursos de posgrado de Gestión Económica de la Empresa Agropecuaria (UNNE), Manejo de Recursos Forestales (UNNE) y de la Especialización en Manejos Pastoriles. Universidad de Buenos Aires (UBA). Se desempeña profesionalmente como Asesor del CREA Tierra Colorada (Argentina) y del CREA Forestal (Paraguay). Consultor privado en Sistemas Silvopastoriles. Participó de varias publicaciones en la temática como autor y coautor, entre las que destacan: “Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales”; “Aspectos sociales y económicos de los Sistemas Silvopastoriles en Corrientes y Misiones” y “Sistemas Silvopastoriles con especies maderables en la República Argentina “.

Fernández, Federico Ezequiel

Ingeniero Agrónomo, FCAYF (UNLP), actualmente se desempeña en el curso de Forrajicultura y Praticultura de la FCAYF, como Jefe de Trabajos Prácticos. Producción Bovina de Carne y Leche- Ayudante de Primera Interino. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata (FCV-UNLP). Especialista en Manejo de Sistemas Pastoriles Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA). Es Asesor técnico de sistemas productivos de carne. Participa en proyectos de investigación y coordinador de proyectos de extensión vinculados a la actividad ganadera en la Depresión del Salado. FCAYF y FCV-UNLP. Es Responsable académico del Memorándum de entendimiento internacional entre la junta directiva de University of florida (behalf of its College of Agricultural and Life Sciences) y UNLP (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales).

Gauchat, María Elena

Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales (1997), UNSE. Doctorado. École Doctorale ABIES, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, AgroParisTech. Francia (2011). Se desempeña como docente del curso de Mejoramiento Genético y Ecosfisiología de Yerba

Mate en la Diplomatura Superior en Producción de Yerba Mate. FCF (UNaM)-INTA-MA Misiones-INYM. También es docente de Mejoramiento Genético y Biotecnología Forestal en la Mejora y Conservación de los Recursos Forestales. Docente de posgrado en la Maestría en Ciencias Forestales FCF-UNaM, Docente en Manejo de Ecosistemas Forestales. Docente. Especialización en Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Profesor Adjunto del curso de Sistemas Agroforestales. Ingeniería Agronómica, FCF-UNaM. Profesionalmente se desempeña como Coordinador de Proyecto Estructurante INTA “Mejoramiento genético de especies forestales cultivadas de rápido crecimiento: un desarrollo clave para el fortalecimiento de la forestoindustria nacional”. Es investigadora categoría 4 en el Programa de Incentivos a docentes investigadores FCF-UNaM, Investigadora planta permanente de INTA “Mejoramiento Genético Forestal”. Entre sus últimas publicaciones destacan: Gauchat, M. E., Aguirre, N. C., Latorre, F., Inza, M. V., Belaber, E. C., Zelener, N., Torales, S. L., Fornés, L. F., Pinazo, M. A., Rotundo, C. A., Fahler, J. C., Pahr, N.M., Fassola, H. E. 2020. Chapter 16: Paraná Pine (*Araucaria angustifolia*): The most planted native forest tree species in Argentina. In M. J. Pastorino & P. Marchelli (Eds.), *Low intensity breeding of native forest trees in Argentina*. London: Springer Books.

Heguy, Bárbara

Ingeniera Agrónoma (UNLP). Especialista en Producción Animal (UNMdP), Especialista en Economía Agroalimentaria (UNLP), Especialista en Docencia Universitaria (UNLP). Actualmente realizando el Doctorado en Ciencias Agropecuarias (UNLP). Se desempeña como Profesora Adjunta del Curso de Forrajicultura y Praticultura, FCAYF, UNLP. Es Investigadora categoría III. Directora de Proyecto de Investigación (I+D 2020-2023). Directora de Proyecto de Extensión. Profesora Adjunta del Curso de Forrajicultura y Praticultura (FCAYF, UNLP), responsable de la Actividad optativa Seminario Ecofisiología de Pastizales. Es autora de numerosos trabajos de investigación y capítulos de libros entre los que destacan: “La actividad ganadera en el partido de La Plata”; “Producción familiar lechera en la cuenca de Abasto Sur”; “Una experiencia de movilidad docente para fortalecer la educación a distancia en la temática de pastizales naturales”; “Ganadería sustentable en la región metropolitana de Buenos Aires: indicadores”

Mendicino, Lorena

Ingeniera Agrónoma, (UNLP). Docente del Curso de Introducción a las Ciencias Agrarias y Forestales, Jefe de Trabajos Prácticos, FCAYF. Entre sus últimas publicaciones destacan “Sistemas productivos periurbanos en el Sur del Área Metropolitana de Buenos Aires. Caracterización, transformaciones y desafíos”; “La actividad ganadera en el partido de La Plata” y “Ganadería sustentable en la región metropolitana de Buenos Aires: indicadores”. Actualmente participación en proyectos de investigación y extensión vinculados a la ganadería vacuna en la Pampa Deprimida. FCAYF - UNLP

Montagnini, Florencia

Ing. Agrónomo, UNR (1974). Dr. en Ecología, Universidad de Georgia, EE.UU. (UGA) (1985). Maestría en Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela (IVIC) (1980). Es profesora titular de cursos tutoriales, curriculum de posgrado de la Escuela Forestal y de Estudios del Medio Ambiente, Universidad de Yale, Connecticut, EE.UU., entre los que destacan Sistemas Agroforestales: funciones productivas, ambientales y sociales, curso de Restauración y Conservación de Paisajes Degradados; curso de Manejo y Conservación del Suelos, curso de Tropical Forest Landscapes: Conservation, Restoration & Sustainable. Entre 2001 y 2012 se desempeñó como Investigadora Principal y Directora del, Programa de Silvicultura Tropical -y Sistemas Agroforestales en la Escuela Forestal y de Estudios del Medio Ambiente, Universidad de Yale, Connecticut, EE.UU. Profesora, Silvicultura Tropical, Escuela Forestal y de Estudios del Medio Ambiente, Universidad de Yale, Connecticut, EE.UU. Entre 2000-2001 trabajó como Profesora e Investigadora, Área de Conservación de Bosques y Biodiversidad, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Entre sus últimas publicaciones destacan : Montagnini, F. (Ed.) 2017. Integrating landscapes: Agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty. Advances in Agroforestry Series 12, Springer, Cham. Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). 2015. Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Nosetti, María Julia

Ingeniería Forestal, egresada en 2008 (UNLP). Se desempeña como Jefa de trabajos prácticos de Silvicultura en la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, desde 2009, entre 2009 y 20118 participó como Jefa de trabajos prácticos de la materia Taller Integración II del Departamento de Agronomía- Fac. Ingeniería (UNSJ). Se desempeña laboralmente también como Técnica Regional en la región Cuyo-San Juan de la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial (D.N.D.F.I) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, desde el año 2012 a la actualidad. Es autora y coautora de varias publicaciones vinculadas a la impregnación de clones de álamos. También participa de proyectos de investigación y extensión vinculados a evaluación de genotipos de *Populus deltoides* como alternativa de diversificación del cultivo de Salicáceas en la región de Cuyo, así con también en el proyecto Estrategias participativas para la conservación in situ y ex situ, aportes para el enriquecimiento del bosque nativo en Bermejo (San Juan).

Ramilo, Diego

Ingeniero Forestal egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. Es docente del curso de Introducción a la Dasonomía de esa casa de estudios desde 2004. Desarrolló su actividad profesional como técnico del Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF) desde 2009 a la actualidad, realizando investigación, experimentación y transfe-

rencia en mejoramiento genético de especies forestales de interés industrial de los géneros *Eucalyptus*, *Pinus* y *Salix* para empresas foresto industriales de Mesopotamia y región pampeana. Publicó trabajos sobre esta temática en jornadas y congresos nacionales e internacionales. Asistió a numerosos cursos de posgrado, simposios, congresos, jornadas y capacitaciones vinculados a su actividad profesional y docente. Realizó consultorías y capacitaciones para el Consejo Federal de Inversiones y asesora y presta servicios profesionales a empresas del sector foresto industrial.

Reutemann, Guillermo Carlos

Ingeniero Agrónomo FCA – UNNE (1983). Es Profesor Adjunto de los cursos de Ecología General y Desarrollo Rural Sustentable y Agroecología en la Facultad de Ciencias Forestales (UNaM); también es docente del curso de Sistemas Agroforestales en la misma facultad. Profesionalmente se desempeña como Coordinador Provincial en el Instituto Misionero del Suelo (IMiS) – Ministerio del Agro y la Producción (MAyP) Misiones. Es Co-Director del Proyecto Observatorio Nacional de la Degradación de Tierras y Desertificación (O.N.D.T.y D.). Sitio Piloto: Cuenca Hidrográfica del Arroyo Garupá, Misiones, también Responsable técnico del proyecto de Autoabastecimiento Energético para el Secadero Cooperativo de Yerba Mate, Vivero Forestal y Enriquecimiento de Yerbales con Especies Forestales Nativas. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad en Paisajes Productivos Forestales MAGyP – GEF. Entre sus publicaciones más recientes destacan: Reutemann, G.; Reutemann, A; Saiach, J. 2020 Evaluación del Rendimiento de Hoja Verde de Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) Utilizando Bioestimulantes y Biofertilizantes Enriquecidos con Minerales. Actas Congreso Latinoamericano de Agroecología. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) – Universidad de la República (UR), Uruguay; Reutemann, G. 2018 Implantación de un yerbal con manejo agroforestal. En: Memorias de Primer Foro de Producción de Yerba Mate Asociada al Monte Nativo. Evelyn Brítez (Comp.) Edición de Fundación Guyrá y Darwin Initiative. p17-20.

Sánchez, Juan Martín

Estudiante Ingeniería Forestal en la FCAYF, UNLP. Participa como Ayudante ad honorem en el Taller Curricular de Integración II. Se ha desempeñado como Consultor en Sistemas Agroforestales para el proyecto “Uso Sustentable de la Biodiversidad”: PNUD ARG 15/ G53. Se ha desempeñado como becario (Beca de experiencia laboral) en la Unidad de Vivero Forestal facultad. Ha realizado pasantías de Inventarios Forestales en las ecorregiones de Espinal, Yungas, Selva Marginal y Chaco Serrano. Su tesis de grado la realiza en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas en zonas de Bosque Nativo en Chaco Serrano.

Thomas, Esteban Ricardo

Ingeniero forestal de la FCAYF (UNLP). Se desempeña como Docente a cargo de Dasonomía, en la Facultad de Ciencias Agrarias, (UNCo). Es Profesional del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Alto Valle de Río Negro.

Investigador y extensionista. Temática: cultivo de álamos y sauces en los valles irrigados del norte de la Patagonia. Es autor y coautor de numerosos artículos científicos y capítulos de libros, “Evaluación del crecimiento inicial de clones de álamo en el norte de la Patagonia”; “Evaluación de tecnologías alternativas de manejo para disminuir los daños causados por el viento en frutos de pera cv. Williams, en el alto valle de Río Negro”, “Subprograma Salicáceas (*Salix* y *Populus*). En Libro: Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales”. Participa en numerosos proyectos de investigación y extensión de INTA entre los que destacan: Proyecto INTA (PE 1146). *Mejoramiento genético de especies forestales cultivadas de rápido crecimiento: un desarrollo clave para el fortalecimiento de la forestoindustria nacional*; Proyecto INTA (PE 1016) *Silvicultura de bosques implantados de alta productividad*; Proyecto INTA (PD 1039) *Restauración ecológica de sistemas degradados*.

Sistemas agroforestales en Argentina / Sandra Sharry ... [et al.] ; coordinación general de Sandra Sharry ; Raúl Stevani ; Sebastián Galarco. - 1a ed - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; La Plata : EDULP, 2021.
Libro digital, PDF/A - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-950-34-2078-2

1. Industria Agropecuaria. 2. Producción . 3. Recursos Naturales. I. Sharry, Sandra II. Sharry, Sandra, coord. III. Stevani, Raúl , coord. IV. Galarco, Sebastián , coord.
CDD 630

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina
+54 221 644 7150
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2022
ISBN 978-950-34-2078-2
© 2022 - Edulp

n
naturales


Edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA