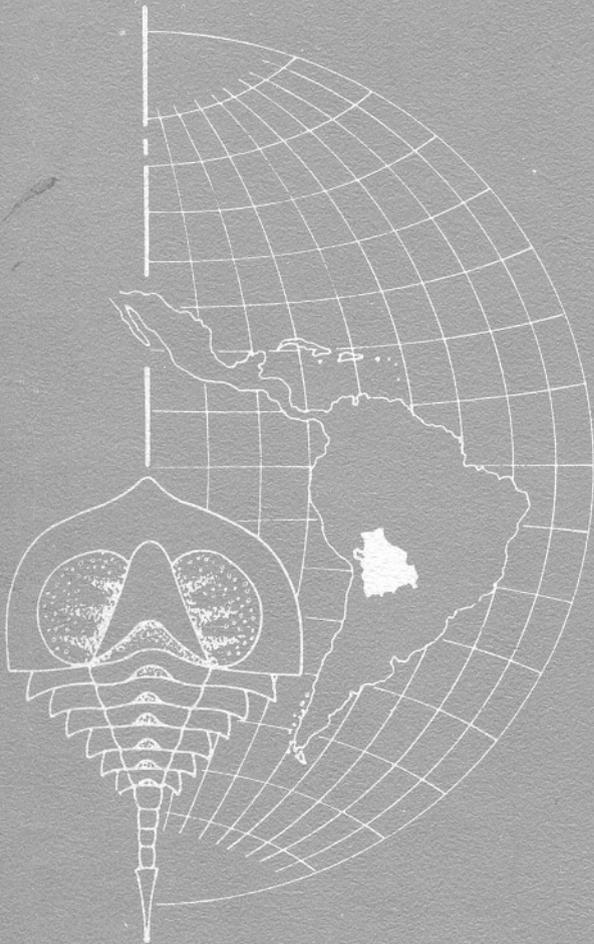


MEMORIAS



IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA

BOLIVIA

SANTA CRUZ DE LA SIERRA
27-30 de julio 1987

Tomo I

M E M O R I A

IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA

BOLIVIA

1987

27 - 30 Julio - Santa Cruz de la Sierra

E D I T O R E S

Mario Suárez Riglos - Ramiro Suárez Soruco

PUBLICADO POR

**Asociación Boliviana de Paleontología
Gerencia de Exploración Y.P.F.B.**

VALORACION ICNOAVIFAUNISTICA DE AMBIENTES BORATIFEROS

Ricardo N. Alonso.
Conicet - Universidad Nacional de Salta, Argentina.

RESUMEN

Se dan a conocer icnitas de aves, asociadas con depósitos de boratos, provenientes de terrenos miocenos y pleistocenos de la Puna Argentina, así como de formaciones miocenas de los Estados Unidos.

Se destaca el valor de las icnitas de aves, tanto en las interpretaciones ambientales, como indicadores batimétricos, como representantes de avifaunas esquelétalmente ausentes, en la metalogenia y como una guía útil en la exploración de yacimientos minerales.

INTRODUCCION

Coordinar aspectos de paleontología y geología económica es poco común y menos aún con una rama particular de la paleontología: la icnología. Sin embargo este es el caso que nos ocupa en este trabajo.

Las icnitas de aves, presentes en varios yacimientos boratíferos del mundo, se consideran aquí como una ayuda valiosa en las interpretaciones ambientales y, correctamente manejadas, como una herramienta útil para la exploración.

En esta contribución se estudian pisadas de aves provenientes de la Fm. Sijes (Mioceno), terrenos pleistocenos y ambientes actuales de la Puna Argentina; así como otras icnitas procedentes de yacimientos boratíferos miocenos de los Estados Unidos.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Barry N. Watson, gerente general de exploración de U.S. Borax (Tucson), mi especial agradecimiento por guiarme en la visita de los depósitos de boratos de los Estados Unidos, en uno de los cuales ("Anniversary", Nevada) pude descubrir icnitas de aves. Asimismo a los doctores Robert B. Kistler y Jhon Siefke (U.S. Borax, Los Angeles), por facilitarme icnitas de aves inéditas del yacimiento "Borón". También mi reconocimiento al Dr. Martin Lockley, especialista en paleoicnología de la Universidad de Colorado (Denver) por alentarme en la realización de este trabajo.

GENERALIDADES

Tres son las regiones boratíferas más importantes del mundo: Turquía, SW de los Estados Unidos y Andes Centrales (Barker y Lefond, eds., 1985). Los boratos requieren para su formación la concurrencia de tres factores indispensables que son: vulcanismo, clima árido y cuencas endorreicas. O sea que la generación de los boratos está relacionada a fuentes termales, ligadas a un arco volcánico continental activo, que aportan sus aguas calientes mineralizadas en un cuerpo de agua somero, cerrado, sometido a fuerte evaporación. Las ocurrencias conocidas se encuentran retringidas al lapso Mioceno-Reciente. Los yacimientos miocenos son los más importantes y se explotan actualmente como fuente principal de boro. La Puna Argentina contiene las mayores concentraciones de boratos de América del Sur y del hemisferio austral, así como las únicas en terrenos terciarios. Si se considera que la mayor parte de los depósitos mundiales de boratos se encuentran como masas enterradas, la presencia de terrenos terciarios en Bolivia y Chile: con facies, edad y evolución de las cuencas similares a las existentes en el norte argentino (Jordan y Alonso, 1987), abren un promisorio campo a la exploración. Por ello las guías de exploración que aquí se ofrecen, relacionadas con las icnitas de aves y su contexto geológico, pueden tenerse en cuenta como una importante ayuda en la selección de los objetivos de perforación.

TAXONOMIA

Icnitas de la Formación Sijes

La Fm. Sijes (Turner, 1960) constituye el tercio superior del Grupo Pastos Grandes (Turner, 1960) y presenta sus mejores afloramientos en la depresión del salar Pastos Grandes donde tiene su perfil tipo. Se apoya concordantemente sobre la Fm. Pozuelos (Sal de Roca) y está cubierta por los fanglomerados de la Fm. Singuel (Alonso y Gutierrez, 1986). Se distingue fácilmente de las demás formaciones de la región por sus colores claros, persistentes bancos de boratos y contenido piroclástico. Su edad es Mioceno superior según dataciones (K-Ar) de tobas cerca de su base que arrojaron 6,8 y 6,2 m.a. (Watson, B., in Alonso et. al., 1984). Presenta un contenido paleontológico pobre compuesto por diatomeas (Lohman in Pratt, 1961), gasterópodos mal conservados (Turner, 1960), briznas vegetales y pisadas de aves (Alonso, 1985).

Las icnitas de aves provienen de su sección basal (Miembro Monte Amarillo; Alonso, 1986), caracterizado por mantos del borato de calcio y magnesio hidroboracita, intercalados rítmicamente con capas clásticas y/o piroclásticas. En esa unidad se ha reconocido la mayor riqueza de icnitas de aves de todos los ambientes boratíferos de la Puna. Una comparación de las icnitas de aves fósiles con las pisadas de aves de ambientes actuales permite deducir algunos de los grupos taxonómicos que se hayan representados. En este sentido se realiza una aproximación a nivel de orden o familia, dejándose constancia que numerosas icnitas no pudieron ser ubicadas y son mencionadas únicamente por sus características morfológicas. Así, entre las icnitas que pudieron identificarse se tienen representantes de los órdenes *Anseriformes*, *Charadriiformes*, *Phoenicopteriformes* y *Paseriformes*. Dentro de ellos pudieron distinguirse representantes de las familias *Anatidae*, *Charadriidae*, *Phoenicopteridae* y *Tyranidae* (?). En los mencionados agrupamientos de aves pueden identificarse elementos afines a patos, flamencos, teros, chorlitos, guayatas, etc. Morfológicamente se han identificado icnitas tetradáctilas y tridáctilas, semipalmeadas y palmeadas, correspondientes a "pájaros" de hábitos terrestres, así como "palmípedas" y "zancudas" de hábitos costeros y lagunares.

En la parte superior de la Fm. Sijes, en una toba blanca del techo de la sección boratífera cuspidal, se encontró una icnita palmeada grande correspondiente a un *Anatidae*, afín a las actuales guayatas (gansos andinos).

Icnitas de la Fm. Blanca Lila

La Fm. Blanca Lila (Alonso, 1986) comprende remanentes aterrizados que rodean el salar Pastos Grandes, integrados por pelitas y evaporitas, y en menor proporción cineritas, tufitas, travertinos, arenas y gravas. Se apoya en discordancia angular sobre las formaciones terciarias del Grupo Pastos Grandes (Turner, 1960). Se distingue de aquellas por su posición horizontal y escasa consolidación. Su edad es Pleistoceno de acuerdo con la datación de una toba (trazas de fisión) que arrojó 1,5 m.a. (M. Strecker, in Alonso, 1986). Su contenido paleontológico comprende icnitas de aves provenientes de su sección superior. Las icnitas se encuentran mal conservadas en capas travertínicas o de areniscas calcáreas asociadas con depósitos de boratos (ulexita, inyoita). En principio pudieron identificarse pisadas correspondientes a *Anseriformes*, *Phoenicopteriformes* y *Charadriiformes*, con icnotipos afines a patos, flamencos y teros.

ICNITAS DE AMBIENTES BORATÍFEROS MODERNOS

La Puna Argentina alberga numerosos salares y lagunas portadoras de boratos. En aquellos con cuerpos de agua permanentes vive una nutrida avifauna cuyo registro es imprimido constantemente en los sedimentos clástico-químicos que constituyen el relleno. Entre los mejores ejemplos se cuentan los salares Pastos Grandes y Hombre Muerto en la Puna Austral y la laguna Turi-Lari en la Puna de Jujuy.

El salar Hombre Muerto está dividido en dos subcuencas de las cuales la oriental es boratífera. En ella desemboca el río Los Patos, alimentado por aguas termales en su cabecera, el cual forma un amplio delta y una laguna de agua dulce donde vive una importante avifauna. Lo mismo ocurre con el salar y la laguna de Pastos Grandes, alimentado por ríos que drenan el complejo volcánico del Quevar. La laguna Turi-Lari es un pequeño lago con un relleno superficial de bórax donde las aves viven a expensas de una rica microbiología. De lo expuesto puede apreciarse que los ambientes ricos en boro no son insalubres al desarrollo de vida sino que por el contrario la favorecen.

Olrog (1963) menciona como habitantes de lagunas, pantanos y turbales altoandinos las siguientes especies: *Podiceps occipitalis juninensis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Chloëphaga melanoptera*, *Lophonetta specularoides alticola*, *Fulica cornuta*, *Ptiloscelys resplendens*, *Charadrius alticola*, *Phegornis mitchellii*, *Gallinago andina*, *Recurvirostra andina*, *Larus serranus*. O sea que existen representantes de los órdenes Podicipediformes, Phoenicopteriformes, Anseriformes, Charadriiformes y Gruiformes. Menciona además numerosos pájaros (Paseriformes) que habitan los campos arenosos xerofíticos que rodean los salares y lagunas.

Las asociaciones descritas para los terrenos miocenos y pleistocenos, tienen como puede verse elementos comunes. Por otro lado se destaca que se realizaron numerosas observaciones en los ambientes puneños para poder comparar los tipos de pisadas actuales con las fósiles. En muchos casos se nota una gran similitud lo cual ayuda favorablemente en las determinaciones taxonómicas. Asimismo, se compararon las pisadas con la morfología de patas de aves presentes en colecciones taxidérmicas y la bibliografía existente, principalmente Murie (1974).

ICNITAS EN DEPÓSITOS DE BORATOS DE ESTADOS UNIDOS

Durante una visita realizada a los depósitos de boratos del SW de los Estados Unidos (Mayo, 1986) se tuvo la oportunidad de descubrir en un caso y estudiar en otro, icnitas de aves fósiles prove-

nientes de los yacimientos de "Anniversary" (Nevada) y "Boron" (California). Icnitas de aves no han sido descritas anteriormente en la literatura de boratos de ese país (Kistler y Smith, 1983; Barker y Lefond, eds., 1985).

El depósito "Anniversary" o "Calville Wash" se encuentra ubicado a unos 40 km al noreste de Las Vegas y consiste de capas de colemanita intercaladas en sedimentitas terciarias de la Fm. Horse Spring. Asociadas a las capas de colemanita (borato de calcio) ocurren abundantes travertinos originados por fuentes termales, en algunos de los cuales es posible observar aún restos de las bocas de surgencia de agua (piletones de ebullición). En una capa de travertino arenoso se descubrieron abundantes icnitas de aves, medianamente conservadas, de hasta 10 cm de longitud. Corresponden a dos tipos de pisadas tridáctilas, una de las cuales es palmeada. En principio se clasifican como pertenecientes a los órdenes *Phoenicopteriformes* y *Anseriformes*. La presencia de boratos, yeso, travertinos, ondulitas e icnitas de aves, indicaría un ambiente lagunar somero, alimentado por fuentes termales en un clima árido. Este tipo de depósito es similar a los de la Fm. Sijes en la depresión de Pastos Grandes.

El yacimiento de Boron o Kraemer, se localiza en el desierto de Mojave, California, a 145 km al noreste de Los Angeles, siendo la explotación de bórax más grande del mundo.

Los boratos están intercalados en capas lacustres verdes que se apoyan sobre un basalto de 18 m.a. y a su vez está cubierto por sedimentitas clásticas rojizas con faunas de la edad mamífero Hemigfordiense (Mioceno medio tardío).

Unas semanas antes de visitar el yacimiento, los obreros de "Boron" habían encontrado unas "curiosas estructuras" en la parte superior del manto de bórax o tincal, dentro de la sección boratífera principal. Al observarlas se pudo comprobar que se trataba de icnitas de aves muy bien conservadas en una capa boratífera laminar con separaciones de películas arcillosas verdes. Todas las huellas son tridáctilas, palmeadas o semipalmeadas, con buena impresión de la membrana interdigital. Una de las icnitas, de dedos lobulares, podría corresponder a *Podicipediformes*. Las demás pertenecerían a *Anseriformes* y *Phoenicopteriformes*, estando los primeros mejor representados. En todos los casos se trata de icnitas grandes del orden de los 10 cm de longitud.

AVIFAUNAS

La variedad de tipos morfológicos de pisadas de aves, en muchos casos representativos de ciertos grupos bien definidos, permite deducir la riqueza de especies que prosperaban en esos ambientes.

La ausencia de restos oseos relacionada por un lado con la fragilidad de los materiales (huesos neumáticos) y por otro con la química del medio (ambientes fuertemente alcalinos) impiden una definición taxonómica a nivel genérico y específico. Sin embargo, en contraparte, la presencia de icnitas permiten constatar un registro de aves que de otra manera sería inexistente. Asimismo el material descripto amplía los registros para el Mioceno y Pleistoceno continental de Argentina, en una región caracterizada por casi la total ausencia de fósiles.

Tonni y Tambussi (1986) realizaron una prolija síntesis de las aves del Cenozoico de Argentina. Las icnitas aquí descriptas permiten incrementar los registros existentes incorporando a las listas avifaunísticas el orden *Phoenicopteriformes*. Se deja constancia que en el numeroso material recolectado se diferencian otros tipos de aves cuyo futuro estudio y ubicación taxonómica permitirán un enriquecimiento sustancial de los mencionados registros.

La abundancia y diversidad de icnitas reconocidas es indicativa que las aves "gustaban" de los ambientes con boratos o dicho de otra manera que los ambientes boratíferos eran aptos al desarrollo de avifaunas. Tenemos entonces que hay una compatibilidad manifiesta entre aves y boratos que como se verá más adelante constituye una herramienta potencial de exploración.

BATIMETRIA

La sola presencia de las icnitas de aves es un indiscutible indicador batimétrico de aguas muy someras. Conocidos intentos de usar las icnitas de aves como indicadores batimétricos fueron hechos por Seilacher (1967) para los invertebrados y por Coombs (1980) para los dinosaurios. Otros intentos en el caso de los dinosaurios han sido resumidos por Lockley (1986). En el caso de las aves, Alonso (1985) describe una zonación de icnitas, asociadas a paleocuerpos someros de agua, con transición lateral desde pájaros terrestres en las playas hasta aves palmeadas o semipalmeadas en los lugares con mayor espesor de agua. De todas maneras la presencia de icnitas de aves asociadas a numerosos e importantes yacimientos mundiales de boratos es una guía útil para la interpretación ambiental. Así por ejemplo el

hallazgo de pisadas de aves en el yacimiento de Boron (California) disipa las dudas sobre el lago o cuerpo de agua en que se formó el depósito. Para algunos autores, el bórax se había formado en el fondo de un lago más o menos profundo, mientras que para otros era un producto de la evapocristalización muy cerca de la superficie. La presencia de las icnitas sugiere entonces que el cuerpo de agua era de características muy someras, al menos al tiempo de depósito del miembro boratífero (bórax) ya que para la parte inferior (kernita) podría esperarse una mayor profundidad de agua.

El yacimiento de bórax Tincalayu en la Puna Argentina, homólogo del de Boron, no presenta en cambio evidencias sobre aguas someras tales como ondulitas, grietas de desecación o huellas de aves. Al contrario parece haberse formado en un lago de reducidas dimensiones con una profundidad de agua lo suficientemente marcada para que se produzca una lluvia de cristales desde la interfase agua-atmósfera hacia el fondo, lo que habría originado el actual cuerpo anhdral macizo de mena.

El yacimiento de Sijes, representa una cadena de depósitos tipo rosario, de pequeños cuerpos lacustres que funcionaron sincrónicamente durante el Mioceno superior. Al parecer hay evidencias de cuerpos de agua con distintas profundidades. Sin embargo el más importante de los depósitos, esto es el yacimiento de hidroboracita de Monte Amarillo, es portador de una riquísima icnoavifauna que permite obtener valiosas conclusiones en torno a la cuestión metalogénica de esas masas evaporíticas. Gracias a las icnitas se pudo deducir claramente un ambiente lacustre de agua muy someras, que se desecaba periódicamente, con una zonación grosera desde las márgenes del cuerpo de agua hacia las partes más profundas. Dicho cuerpo lacustre en ningún caso superaría los 50 cm de acuerdo con los morfotipos de icnitas presentes y su relación con ambientes similares actuales.

AMBIENTES

Las patas de las aves son una respuesta a los hábitos del animal que está acorde al ambiente en que viven. Hay diferencias sustanciales en la morfología de las patas de aves de corredoras, zancudas, palmípedas, trepadoras, rapaces, etc. Por ello las icnitas en general y las pisadas de aves en particular pueden, por si solas, ser un buen indicador ambiental. Sin embargo necesitan de la ayuda de otros parámetros tales como litología, facies, estructuras sedimentarias, para una mejor definición del medio en que se originaron.

En el caso de las icnitas de aves asociadas a depósitos boratíferos su relación con capas lacustres, la presencia de evaporitas, los cambios faciales, estructuras (ondulitas, grietas de desecación, paraclastos, marcas de gotas de lluvia), marcan claramente el ambiente de generación! Esto es, cuerpos de agua someros y restringidos, salobres, en un clima árido a semiárido, sometidos a evaporación intensa, con cambios estacionales del espejo de agua que produce exposición aérea de distintos sectores, alimentado en gran medida por aguas termales portadoras de solubles. En estos ambientes la presencia de aguas termales parece ser muy importante al desarrollo de las aves en función de temperatura y contenido de nutrientes que generan una importante riqueza microbiológica. En el depósito de colemanita "Amni-versary" (Nevada) se encontraron restos de fuentes termales representados por travertinos amarillentos que aún conservan la forma de los viejos piletos de ebullición y facialmente relacionados icnitas de aves. Esto en principio sería un buen indicativo de la conexión entre las aves con las fuentes termales y a su vez de éstas con los boratos.

En la actualidad numerosos salares boratíferos de la Puna, con cuerpos lacustres reducidos en su interior, en los cuales vive una variada avifauna reciben el aporte de ríos que en buena medida se alimentan de aguas provenientes de fuentes termales activas o residuales (Alonso y Viramonte, 1985a).

EXPLORACION

Cualquier herramienta es válida cuando se trata de descubrir un nuevo yacimiento mineral. El geólogo de exploración necesita de todos los elementos a su alcance para definir un "blanco" explorativo. Para ello recurre a la geología de campo, la geofísica y por último a las perforaciones. Sin embargo una perforación es muy cara y para su realización hay que estar seguro de que existe una alta probabilidad de éxito.

En los últimos años se han descubierto numerosos y muy importantes yacimientos de boratos en el mundo (Barker y Lefond, eds., 1985). Las masas boratíferas tienen en su gran mayoría la particularidad de encontrarse ocultas, entre otras cosas por su inestabilidad superficial. Asimismo, ellas son el resultado de ambientes con características especiales, relacionados a la concurrencia de volcanismo, fuentes termales, cuerpos lacustres restringidos y clima árido. En la Puna Argentina se dieron estas características desde el Mioceno a la

actualidad. Numerosas masas boratíferas han sido descubiertas y otras seguramente permanecen ocultas debajo de los mantos aluviales o derrames de rocas volcánicas que cubren extensas regiones.

Determinar las líneas de costa de los viejos cuerpos lacustres usando las icnitas de aves puede ser una guía muy valiosa en el descubrimiento de masas boratíferas ocultas enmascaradas por la tectónica y la morfología superficial. Si se tiene la línea de costa se puede maniobrar en el sentido de la resolución de facies y por ende en condiciones de decifrar la trama paleogeográfica.

La presencia de fuentes termales y boratos es un hecho desde el momento que aquéllas aportan las soluciones para la formación de estos últimos (Alonso y Gutierrez, 1984). Ahora bien la conexión icnitas de aves-fuentes termales, clara en el depósito de "Anniversary", puede deducirse indirectamente en los otros depósitos. De esta manera dicha conexión podría tenerse en cuenta en los esquemas exploratorios, pues la presencia de icnitas y travertinos indicaría eventualmente la proximidad de un manto de boratos en relación facial lateral. De allí entonces que los elementos considerados son una guía útil en la elección de un "blanco" de exploración. Dichas herramientas han sido usadas por el autor en la exploración de masas boratíferas ocultas en la Puna Argentina (R. Alonso, Boroquímica Samicaf, inédito). Litofacies afines están presentes en Bolivia y Chile en el marco de la Provincia Boratífera Centroandina (Alonso y Viramonte, 1985b), y pueden resultar allí de valor. La distribución de las cuencas terciarias asociadas al arco volcánico continental, elemento clave en la generación de los boratos, puede obtenerse de Jordan y Alonso, 1987).

METALOGENIA Y FILOSOFIA

La asociación de icnitas de aves en la depresión de Pastos Grandes es semejante para los terrenos miocenos, pleistocenos y actuales. Esto es, existen morfotipos similares de icnitas asociados en todos los casos a una litología semejante y depósitos de boratos. Ello sería una prueba de la invariabilidad de los ambientes desde el Mioceno superior a la actualidad. De acuerdo con una datación en el Miembro Monte Amarillo de 6,8 m.a., tenemos que la referida invariabilidad ambiental ha permanecido sin cambios apreciables durante los últimos siete millones de años.

La génesis de la hidroboracita ha sido considerada como la de un mineral secundario formado por la deshidratación de un borato cálcico.

co-magnésico original o bien por deshidratación más reemplazo catiónico de un borato primigenio de composición diferente. Estos razonamientos se hicieron en función de que la hidroboracita no ha sido encontrada como mineral en formación en los ambientes actuales y a su vez tomando en consideración cuestiones cristaloquímicas apoyadas en pruebas de laboratorio. Sin embargo la presencia de icnitas acompañando una marcada zonación de los viejos lagos, sumado a los cambios faciales clástico-evaporíticos son una primera evidencia en favor de un origen primario del mineral. Esto se refuerza con otras dos observaciones de campo que son por un lado la presencia de una icnita impresa directamente sobre hidroboracita y por otro lado la presencia de paraclastos de hidroboracita. Esto indica que el fango boratífero quedaba en algunos casos expuesto al aire, momento en que se imprimió la huella, siendo nuevamente inundado o bien desecado, agrietado y transportado dentro de la cubeta generando los paraclastos. Icnitas de aves más paraclastos prueban que el mineral que se había formado era hidroboracita y su presencia actual como tal demuestra claramente su origen primario.

Ahora bien si el mineral es primario y hubo como se demostró líneas arriba una invariabilidad de los ambientes desde el Mioceno a la actualidad, ¿porqué no se forma actualmente hidroboracita sino otros boratos como bórax o ulexita?. Esto obliga a preguntarse si los boratos responden o nó a la Ley del Actualismo como fuera formulado y discutido ampliamente por Alonso (1986).

Dejando de lado dicha cuestión, el esquema de herencia ambiental vigente durante casi siete millones de años, según lo deducido icnológica y litológicamente, permite extrapolar de alguna manera la génesis de los depósitos de boratos hacia el pasado. La invariabilidad ambiental debe también ser tenida en cuenta en el marco de la estabilidad geodinámica de la Puna Austral.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alonso, R. y Gutierrez, R., 1984. Zonación de ulexita en los salares de la Puna Argentina. Asociación Geológica Argentina, Revista, 39 (1-2): 52-57. Buenos Aires.

Alonso, R., Gutierrez, R. y Viramonte, J., 1984. Megacuerpos salinos cenozoicos de la Puna Argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Bariloche, Actas I: 43-63.

- Alonso,R., 1985. Icnitas de aves como control de niveles boratíferos. Sociedad Científica del Noroeste Argentino, 1 (4): 37-42. Salta.
- Alonso,R. y Viramonte,J., 1985a. Géysers boratíferos de la Puna Argentina. Cuarto Congreso Geológico Chileno, Actas II: 23-44. Antofagasta.
- Alonso,R. y Viramonte,J., 1985b. Provincia Boratífera Centroandina. Cuarto Congreso Geológico Chileno, Actas II: 45-63. Antofagasta.
- Alonso,R. y Gutierrez,R.,1986. Litoestratigrafía del Neógeno Terminal. Puna Sudoriental Argentina. Revista del Instituto de Geología y Minería, N° 6: 29-47. Jujuy.
- Alonso,R., 1986. Ocurrencia, Posición Estratigráfica y Génesis de los depósitos de boratos de la Puna Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Salta.
- Barker,J.M. y Lefond,S.J., eds., 1985. Borates: Economic Geology and Production. Society of Mining Engineers of AIME, 274 p. Colorado.
- Coombs,W.P., 1980. Swimming ability of carnivorous dinosaurs. Science, 207: 1198-1200.
- Jordan,T. y Alonso,R., 1987. Cenozoic Stratigraphy and Basin Tectonics of the Andes Mountains, 20° - 28° South Latitude. The American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 71 (1): 49-64.
- Kistler,R.B. y Smith,W.C.,1983. Boron and Borates. In, Lefond, eds., Industrial Mineral and Rocks, 5th. ed. Society of Mining Engineers of AIME, p.p.: 533-560.
- Lockley,M., 1986. The Paleobiological and Paleoenvironmental Importance of Dinosaur Footprints. Palaios, 1: 37-47.
- Murie,O.J., 1974. A Field Guide to Animal Tracks. The Peterson Field Guide Series, N° 9,359 p.
- Olrog,C.Ch., 1963. Lista y distribución de las aves argentinas. Opera Lilloana IX, 377 p., Tucumán.
- Pratt,W., 1961. Local evidence of Pleistocene to Recent Orogeny in the Argentine Andes. Geological Society of America, Bulletin, 72: 1539-1550.

Seilacher, A., 1967. Bathymetry of Trace Fossils. Marine Geology, 5: 413-428.

Tonni, E.P. y Tambussi, C.P., 19 . Las aves del Cenozoico de la República Argentina. Cuarto Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 2: 131-142. Mendoza.

Turner, J.C., 1960. Estratigrafía del Nevado de Cachi y sector al oeste. Salta. Acta Geológica Lilloana, 3: 191-226. Tucumán.