



I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE
Santiago - 2008

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - LIBRO DE ACTAS

Inscripción Propiedad Intelectual 182206

Editores: Alfonso Rubilar R.; David Rubilar-R.; Carolina S. Gutstein

2-3 de octubre de 2008

Tiraje: 200 ejemplares

Colaboraron en la revisión de artículos: Enrique Bostelmann, Alberto Cione, Daniel Frassinetti, Rafael Labarca, Patricio López, Rubén Martínez, Patricio Moreno, F. Amaro Mourgues, Ernesto Pérez, Michel Sallaberry y Teresa Torres.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE

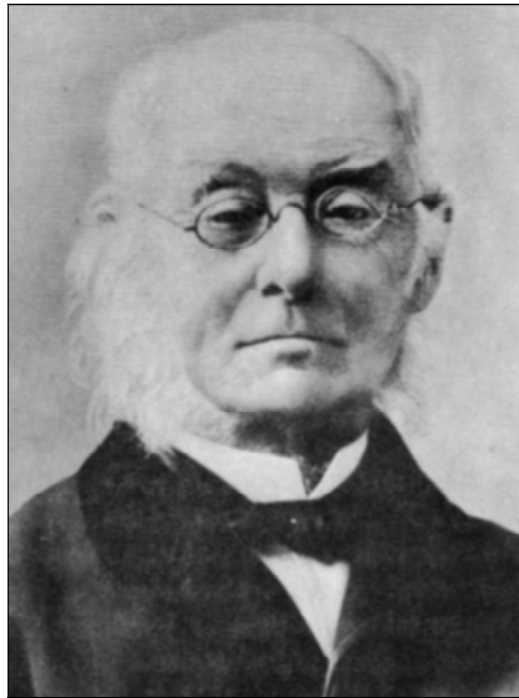
Santiago
2-3 de octubre 2008

ORGANIZAN



En Homenaje a la Memoria del Naturalista

Rodolfo Amando Philippi
(1808-1904)



En el bicentenario de su natalicio

Y

Como Aporte a la Celebración del Año Internacional Planeta Tierra (AIPT)



I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Rodolfo Amando Philippi (1808-1904)

(Rudolph Amandus Philippi)

Es considerado uno de los naturalistas más influyentes en el desarrollo de las Ciencias Naturales en Chile. Fue el primer científico extranjero que, tras su llegada en 1851, se radicó en el país y dio inicio a la enseñanza de la botánica (1854), zoología (1855; tempranamente discontinuada) e 'Historia Natural' (1866), a nivel secundario y universitario. También elaboró dos textos pioneros que además trataban de especies propias de nuestro territorio: 'Elementos de Historia Natural' (1865) y 'Elementos de Botánica para el uso de los estudiantes de medicina i farmacia en Chile' (1869) ^(1, 2, 3). Por otra parte, fue el primer Director del Museo Nacional de Historia Natural (1853-1897). Las numerosas expediciones que realizó a lo largo del país, así como el aporte brindado por quienes le enviaron en forma permanente material de diversos taxones y localidades, permitieron incrementar en forma notable las colecciones de plantas así como de invertebrados y vertebrados (fósiles y actuales) conservadas en dicha institución. Philippi fue miembro de más de 50 sociedades científicas de Europa y América. Publicó alrededor de 400 artículos y textos científicos, abarcando disciplinas tales como botánica, zoología, paleontología, geología, arqueología, climatología, biogeografía y educación ^(2, 3). Entre sus contribuciones paleontológicas se cuentan dos importantes tratados con descripciones de especies (en latín y español), en su mayoría nuevas e ilustradas mediante dibujos originales, que fueron obras señeras en el contexto sudamericano de la época: 'Los fósiles terciarios i cuaternarios de Chile' (1887; 256 páginas, 58 láminas) y 'Los fósiles secundarios de Chile' (1899; 104 páginas, 42 láminas). Su extenso legado abarca publicaciones que constituyen una fuente de información primaria muy vasta y de gran validez; el dar a conocer y ampliar el debate sobre diversos temas, nacionales o europeos; y utilizar sus aptitudes para dejar un patrimonio tangible ^(4, 5). En efecto, ya en 1882 Charles Darwin le había concedido el mérito, a través de una carta, de ser el responsable de gran parte del conocimiento sobre la historia natural chilena.

¹ Smith-Ramírez, C. 2004. Rodolfo Amando Philippi. Su aporte al conocimiento de la biodiversidad chilena. *Gestión Ambiental* 10: 1-10.

² Barros-Arana, D. 1904. El doctor don Rodolfo Amando Philippi, su vida i sus obras. Imprenta Cervantes: 248 p. Santiago.

³ Gotschlich, B. 1904. Biografía del Dr. Rodolfo Amando Philippi (1808-1904). Imprenta Central J. Lampert: 185 p. Valdivia.

⁴ Castro, S.; Camousseight, A.; Muñoz-Schick, M.; Jaksic, F. 2006. Rodolfo Amando Philippi, el naturalista de mayor aporte al conocimiento taxonómico de la diversidad biológica de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 133-143.

⁵ Larroucau, A. (Editor). 2003. El orden prodigioso del mundo natural: Rudolph Amandus Philippi. Pehuén Editores: 149 p. Santiago.

Auspiciadores



***Anillo Antártico ART-04 Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología
(Conexiones Geológicas entre Antártica Occidental y Patagonia
desde el Paleozoico Tardío), Conicyt***

Patrocinadores



Colaboradores

Recepción y asesoría durante el Simposio: Fresia Grimberg, Harry Abarza y Roberto Díaz
Diagramación: Roberto Yury, Sergio Soto, Rodrigo Otero
Fotografías: Oscar León, F. Amaro Mourgues

PRESENTACIÓN

Este Libro de Actas contiene los trabajos presentados al I Simposio - Paleontología en Chile, realizado en Santiago durante los días 2 y 3 de octubre de 2008. Las presentaciones tuvieron lugar en la Sala de Conferencias Grete Mostny del Museo Nacional de Historia Natural (Quinta Normal).

Los investigadores del Museo Nacional de Historia Natural, Servicio Nacional de Geología y Minería y Universidad de Chile colaboraron en la organización de este evento, con el objetivo de congregar a los paleontólogos nacionales y extranjeros que estudian el registro fósil del país, ya sea para exponer acerca de nuevos hallazgos, el grado de conocimiento disponible en sus respectivas áreas de investigación, o dar a conocer los avances y perspectivas acerca de diferentes aspectos que forman parte de la amplitud temática de la Paleontología. También se incentivó la presentación de trabajos relativos a la historia de esta ciencia en Chile, el patrimonio paleontológico nacional y su grado de protección y conservación. Por otra parte, se promovió la asistencia a dicho Simposio de profesionales de otras disciplinas de las Ciencias de la Tierra, estudiantes y público en general interesado en la Paleontología (previa inscripción), en concordancia con uno de los objetivos propuestos por la iniciativa 'Año Internacional Planeta Tierra', liderada en el país por la Sociedad Geológica de Chile y el Servicio Nacional de Geología y Minería.

El I Simposio – Paleontología en Chile está dedicado a la memoria de don Rodolfo Amando Philippi (1808-1904), en el bicentenario de su natalicio, quien además de su destacada labor en el conocimiento y enseñanza de la diversidad biológica del país efectuó importantes aportes en el campo de la Paleontología.

Hay consenso en considerar a este Simposio como exitoso, por la asistencia de investigadores nacionales o acaudados en el exterior, extranjeros, estudiantes y público en general (más de 150 personas), la amplitud temática y calidad de las presentaciones, la planificación general de las charlas y por los espacios de discusión generados en los dos días destinados a su realización. En efecto, el evento señalado representa el primer encuentro científico llevado a cabo en el país dedicado exclusivamente a la Paleontología y sus principales áreas de investigación (paleobotánica, paleontología de invertebrados, paleontología de vertebrados, paleoicnología, tafonomía, bioestratigrafía, paleobiología). La continuidad y éxito de este tipo de eventos (su segunda versión se espera que tenga

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

lugar en la Universidad de Concepción el 2010) deberían ser asumidos por la futura Asociación Paleontológica de Chile (en proceso de obtener su personalidad jurídica), y parece muy conveniente mantener una perspectiva amplia como la que allí tuvo lugar.

Este Libro de Actas incluye 38 trabajos, distribuidos en 5 áreas temáticas sobre la base de los grupos taxonómicos y edades allí involucradas, todos los cuales abarcan los principales grupos en especial de microfósiles registrados en el país. A fines del 2008 se contó con la mayoría de los manuscritos, los que fueron sometidos a una revisión general por parte de investigadores del país y el extranjero. En algunos casos se efectuaron modificaciones menores al texto y en forma excepcional a algunas figuras, con el fin de uniformar su presentación.

Durante la ceremonia de clausura del día 3 de octubre, se efectuó la entrega de un diploma de reconocimiento por la trayectoria y aportes a la Paleontología a los siguientes investigadores nacionales: Gloria Arratia, Daniel Frassinetti, Rubén Martínez, Sylvia Palma-H., Ernesto Pérez, Renato Reyes, Teresa Torres, Alejandro Troncoso y Carolina Villagrán.



I Simposio – Paleontología en Chile (2008). Finalización de la ceremonia de reconocimiento a los paleontólogos nacionales (de izquierda a derecha): Carolina Villagrán, Sylvia Palma-H., Rubén Martínez, Teresa Torres, Alejandro Troncoso, Daniel Frassinetti, Gloria Arratia (quien expresa su agradecimiento) y Ernesto Pérez. (Fotografía de F.A. Mourgues, SERNAGEOMIN).

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008



I Simposio – Paleontología en Chile (2008). Momento de término del evento, con algunos de los expositores. (Fotografía de O. León, MNHN).

La publicación de este Libro de Actas es resultado del esfuerzo compartido con los autores así como con un gran número de colaboradores en el proceso de edición y diagramación, a todos los cuales expresamos nuestros más sinceros agradecimientos.

Alfonso Rubilar R.

David Rubilar-Rogers

Carolina S. Gutstein

EDITORES

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE

LIBRO DE ACTAS

AREAS TEMÁTICAS

PALEONTOLOGÍA Y PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO EN CHILE
(BASES DE DATOS; GESTIÓN)

PALEONTOLOGÍA DE INVERTEBRADOS

PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS

PALEOBOTÁNICA, MICROPALEONTOLOGÍA, PALEOECOLOGÍA

EVOLUCIÓN

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

CONTENIDO

PALEONTOLOGÍA Y PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO EN CHILE (BASES DE DATOS; GESTIÓN)

Rubilar, A. Paleontología, patrimonio paleontológico y sus vínculos con la biología y geología.....	3
Palma-Heldt, S.; Flores, G. La Paleontología en la Universidad de Concepción: inicios, desarrollo y vigencia docente e investigativa.....	10
Moreno, K. Valoración y estado de conservación de huellas de vertebrados mesozoicos en Chile.....	13
Cisterna, M.; Llanos, A.; Torres, T. Potencial de un sistema de información geográfico en el manejo de datos paleobotánicos.....	18
Rubilar A.; Rubilar-Rogers, D.; Mourgues, F.A. Área de patrimonio de 'SNIT' y formulación de estándares para el registro del patrimonio paleontológico.....	21

PALEONTOLOGÍA DE INVERTEBRADOS

Pérez, E.; Reyes, R. El orden Trigonioida Dall (Mollusca; Bivalvia) en el Mesozoico de Chile.....	27
Rubilar, A. Las ostras fósiles del Mesozoico en Chile.....	33
Manceñido, M. Revaluación del material tipo de ' <i>Cretirhynchia transatlantica</i> ' (Brachiopoda, Rhynchonellida) del Cretácico de Antofagasta (norte de Chile)....	39
Mourgues, F.A. El registro de amonites del centro-norte de Chile en el marco de la geodinámica del margen pacífico de Gondwana durante el Cretácico Temprano.....	43
Nielsen, S. Cenozoic marine invertebrates of Chile: what we know and what we wish we knew exemplified by mollusks.....	49
Gordillo, S.; Cárdenas, J. Moluscos cuaternarios del extremo austral de América: avances y perspectivas.....	51
Martel-Cea, A.; Vega, R.; Pino, M. Paleodiversidad de quironómidos (Diptera: Chironomidae) en el valle de Purén-Lumaco (38°S), centro-sur de Chile.....	57

PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS

Arratia, G. Los peces teleósteos jurásicos, su distribución geográfica e importancia filogenética.....	65
Muñoz-Ramírez, C.; Moyano, H.; Palma-Heldt, S. Dientes fósiles de tiburones y rayas presentes en el área de la bahía de Concepción, VIII Región, Chile central.....	69
Otero, R.A.; Suárez, M.E. Primer registro de tiburón espinoso (Squaliformes; Echinorhinidae) en el Cretácico Superior (Maastrichtiano) de Chile y Sudamérica.....	74
Suárez, M.E.; Otero, R.A. Nuevos hallazgos de vertebrados marinos en el Campaniano-Maastrichtiano de Loanco, VII Región.....	78
Rubilar-Rogers, D.; Vargas, A.O. Vertebrados terrestres del Mesozoico en Chile: estado del conocimiento y perspectivas.....	83
Rubilar-Rogers, D.; Otero, R.A. Nuevo yacimiento con icnitas de dinosaurios (Theropoda-Sauropoda) en el Desierto de Atacama.....	87
Croft, D.A.; Charrier, R.; Flynn, J.J.; Wyss, A.R. Recent additions to knowledge of Tertiary mammals from the Chilean Andes.....	91

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Charrier, R.; Croft, D.A.; Flynn, J.J.; Pinto, L.; Wyss, A.M. marco geológico de los depósitos cenozoicos portadores de mamíferos fósiles terrestres en Chile (Eoceno a Plioceno): un estudio interdisciplinario.....	97
Gutstein, C.S.; Yury-Yañez, R.E.; Soto-Acuña, S.; Suárez, M.E.; Rubilar-Rogers, D. Fauna de vertebrados y aspectos tafonómicos del 'bonebed' (Mioceno Tardío) de la Formación Bahía Inglesa.....	102
Sallaberry, M.; Yury-Yañez, R.E.; Soto-Acuña, S.; Rubilar-Rogers, D. Las aves fósiles de la Formación Bahía Inglesa: hallazgos y perspectivas.....	109
Chávez, M.F. Los pingüinos fósiles de Sudamérica.....	116
Suárez, M.E.; Rubilar-Rogers, D. Nuevos ejemplares de <i>Pygoscelis grandis</i> (Sphenisciformes, Spheniscidae) provenientes del Neógeno (Plioceno Inferior; Miembro Lechero, Formación Bahía Inglesa), Región de Atacama, norte de Chile.....	121
Soto-Acuña, S.; Yury-Yañez, R.E.; Otero, R.; Rubilar-Rogers, D. Rectificación taxonómica de materiales fósiles de Spheniscidae (Aves: Sphenisciformes) de la Colección del Museo Nacional de Historia Natural.....	122
Recabarren, O.P.; Montero, I.; Moreno, K.; Chávez, M.F.; Salvadores-Cerda, L.; Martel-Cea, A.; Canales, P.; González, E.; Navarro, X.R.; Gallardo, M.; Pino, M. Fauna fósil del sitio Pilauco, Osorno, Chile.....	128
Labarca, R.; Prieto, A.; Sierpe, V. Sobre la presencia de <i>Smilodon populator</i> Lund (Felidae, Machairodontinae) en el Pleistoceno Tardío de la Patagonia meridional chilena.....	131
Bobbe, R. Mamíferos cenozoicos y cambios ambientales.....	136

PALEOBOTÁNICA, MICROPALAEONTOLOGÍA, PALEOECOLOGÍA

Troncoso, A.; Herbst, R. Estudios sobre el Triásico plantífero chileno.....	143
Lutz, A.; Crisafulli, A. Comparación entre algunas xilotaofloras del Triásico Superior de Argentina y Chile.....	144
Torres, T. Paleofloras del Cretácico al Paleógeno de Península Antártica y Patagonia: significado paleogeográfico y paleoclimático.....	147
Martínez-Pardo, R.; Martínez-G., R. Cronomicropaleontología de la cuenca de Arauco-Concepción, Chile central: la taoflora de Lota, el evento megatérmico global del límite Eoceno–Paleoceno y las extinciones masivas.....	151
Salvadores-Cerda, L.; Pino, M.; Moreno, K. Uso de maderas carbonizadas como indicador para determinar temperatura de depositación de oleadas piroclásticas durante el interglacial Valdivia, centro sur de Chile.....	154
Rondanelli-Reyes, M.J.; León-Valdebenito, C.A. Influencia antrópica en el paisaje de la Patagonia chilena, Región de Coyhaique (45°40's; 72°14'w). Registro palinológico reciente.....	158
Fuentes, F.; Gaete, N. El Maule y sus roedores: tiempo y proporción.....	163

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

EVOLUCIÓN

Mpodozis, J. Phyletic conservation and change: behavior is (most) important.....	171
Opazo, L.F.; Twitchett, R.; Mander, L. Extinciones masivas: Triásico-Jurásico (T-J), ejemplo de una crisis biótica en ecosistemas marinos.....	172
Vargas, A.O.; Fallon, J.F.; Rubilar-Rogers, D.; Mpodozis, J. The evolution and development of the perching digit of birds.....	174
Vargas, A.O.; Wagner, G.P. A homeotic frameshift in the evolution of the bird wing: new comparative and experimental evidence.....	177

ANEXO

Índice de autores	179
--------------------------------	-----

**PALEONTOLOGÍA Y PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO EN CHILE
(BASES DE DATOS; GESTIÓN)**

PALEONTOLOGÍA, PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO Y SUS VÍNCULOS CON LA BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

Alfonso Rubilar R.

Servicio Nacional de Geología y Minería, arubilar@sernageomin.cl

Introducción

Los primeros hallazgos documentados de fósiles en Chile fueron realizados a fines del siglo XVIII (Montero y Diéguez, 1998), aunque la investigación en Paleontología ha sido relativamente continua sólo desde comienzos del siglo XIX. El registro fósil presente en el país es abundante y diverso (Fig. 1), con restos conocidos desde el Ordovícico medio (graptolites y braquiópodos; ca. 470 millones de años). Sin embargo, el número de paleontólogos ha sido en general muy reducido, y hasta el momento no han prosperado los intentos por ampliar el desarrollo de esta disciplina en diferentes instituciones.

La Ley No. 17.288 (de Monumentos Nacionales; 1970) es la principal norma dirigida a la protección y conservación del patrimonio paleontológico en Chile, aunque lo aborda en forma indirecta e incompleta. Por otra parte, la experiencia internacional señala que tales leyes son más efectivas en la medida en que una asociación de profesionales se ocupa activamente de ello, como se aspira a que suceda pronto en nuestro país.

En este trabajo se efectúa una breve caracterización del ámbito científico de la Paleontología, y se analizan sus vínculos con la Biología y Geología. Además, se sintetiza el planteamiento de la Ley No. 17.288 y se efectúan algunas proposiciones orientadas a fortalecer la protección de las colecciones y sitios paleontológicos del país.

La Paleontología y su relación con la Biología y Geología

La Paleontología estudia los organismos antiguos o del pasado geológico (por convención, con más de 10.000-11.000 años), en su mayoría extinguidos, que se han preservado en las rocas (e.g., sedimentarias) o en medios protectores (e.g., ámbar) como fósiles. Estos pueden ser restos propiamente tales en general mineralizados (e.g., partes del cuerpo, estructuras reproductivas) o evidencias de actividad o presencia biológicas (e.g., huellas, excavaciones). A partir de estos materiales, que permiten comprender la naturaleza y evolución de los seres vivos del pasado (registro fósil), intenta reconstruir sus morfologías, conocer sus modos de vida y alimentación, sucesión temporal, distribución geográfica y relaciones de parentesco, así como los cambios biológicos globales que han tenido lugar en el tiempo. Este conocimiento se expresa en descripciones sistemáticas, zonaciones bioestratigráficas, interpretaciones paleobiológicas (e.g., Paleontología Evolutiva, Paleoecología, Paleobiogeografía) o en una síntesis histórica (Fig. 2).

Esta ciencia fue fundada por Georges Cuvier (1769-1832) a principios del siglo XIX, al instaurar, por ejemplo, el concepto de especie extinguida, cuyo estudio no podía ser abordado por la Biología. Esto fortaleció el rol que siempre ha tenido la Paleontología como ciencia complementaria o auxiliar de la Geología, por la utilización de taxones y parataxones como indicadores de la edad relativa y condición paleoambiental en las cuales se originó el depósito que los contiene. Si junto a esto último se destaca el hecho de que los fósiles están en especial en las rocas, que comparten una génesis con éstas, y que tanto los organismos del pasado como los eventos paleobiológicos están integrados en la Geología Histórica, es comprensible que alguien que se inicia en el estudio del registro fósil suponga que se trataría de una subdisciplina o especialidad de la Geología.

La Paleontología, por el contrario, es una Ciencia de la Tierra (e Histórica) por derecho propio, que genera conocimiento en un ámbito preciso (el pasado de la vida) y con alcances (narración de eventos) particulares (Fig. 2). Ni la localización de los materiales de estudio (fósiles) ni el aporte de datos aplicados (labor auxiliar) son criterios

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

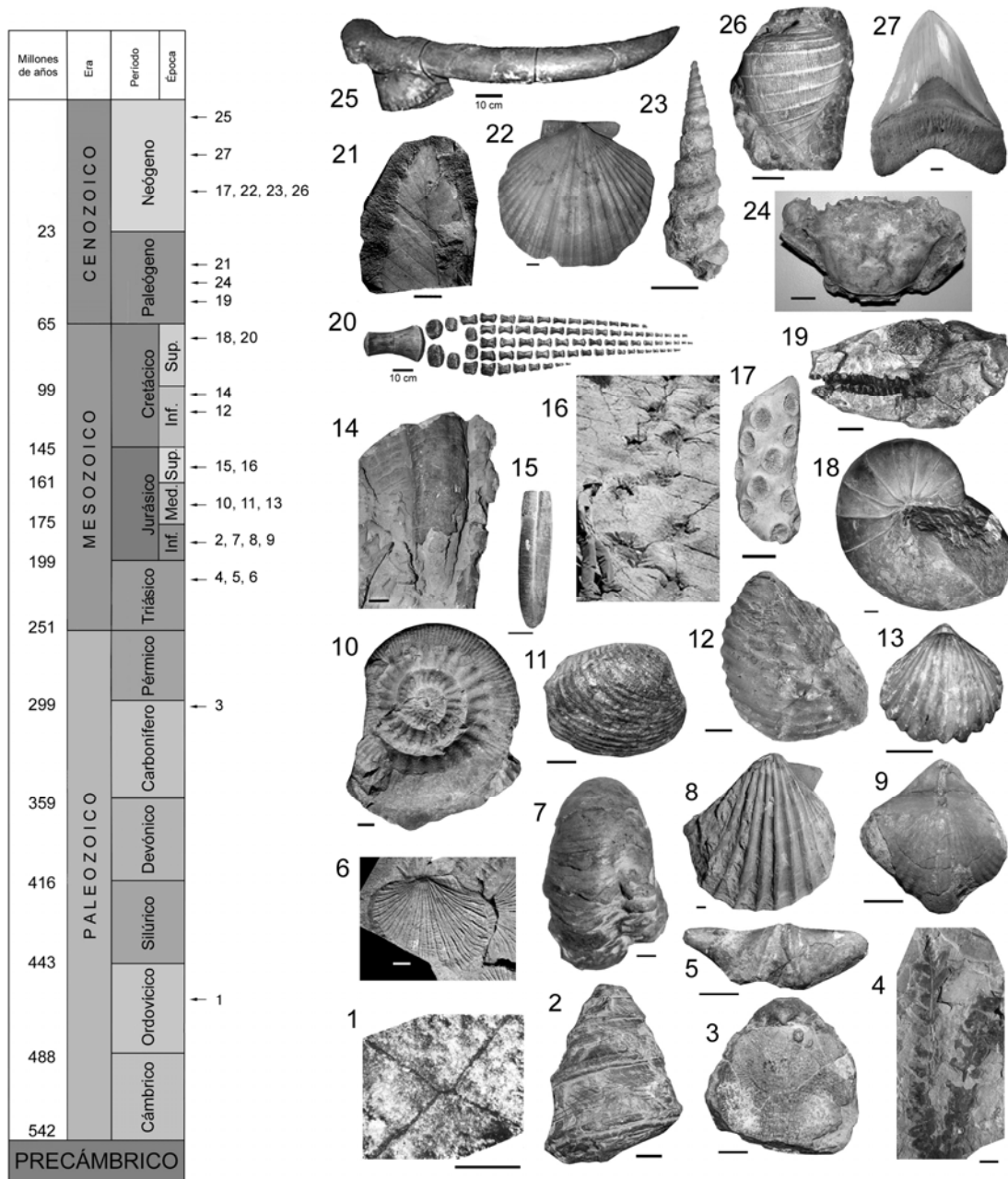


Fig. 1. Algunas plantas, invertebrados, vertebrados y huellas que integran el registro fósil en Chile. La edad relativa de cada ejemplar o material se indica, en forma aproximada, en la escala geológica del tiempo (izquierda) mediante una flecha y el número que lo identifica. Escala = 1 cm (excepto en 16, 20 y 25). Este esquema integra un trabajo presentado al Segundo Seminario Minería y Monumentos Nacionales (2006), cuyos Anales no han sido publicados.

Taxones ilustrados (géneros o categorías superiores). **Plantas:** 4- *Dicroidium*, 21- *Nothofagus*. **Invertebrados:** 17- *Oculina* (coral); 3- *Waagenoconcha*, 5- *Clavigera*, 9- *Spiriferina*, 13- '*Rhynchonella*' (braquiópodos); 2- *Lithotrochus*, 23- *Incatella*, 26- *Ficus* (gastropodos); 6- *Monotis*, 7- *Gryphaea*, 8- *Weyla*, 11- *Neocrassina*, 12- *Trigonia*, 14- '*Agriopleura*', 22- *Chlamys* (bivalvos); 24- *Cancer* (crustáceo); 15- *Belemnopsis* (belemnite); 10- *Stephanoceras* (amonite); 18- *Cymatoceras* (nautiloideo); 1- *Tetraraptus* (graptolite). **Vertebrados:** 27- *Carcharocles* (tiburón); 20- Elasmosauridae (plesiosaurio), 19- *Santiagorothia* (notoungulado), 25- *Stegomastodon* (mastodonte). **Huellas:** 16- Dinosaurios (Baños del Flaco). Las plantas y la mayor parte de los invertebrados integran la Colección de Docencia del Departamento de Geología (U. de Chile). 7: Sernageomin, SNGM 8360. 12, SNGM s/n. 1, 19, 20, 25 y 27: obtenidos de diferentes publicaciones.

Elaboración: A. Rubilar y R. Otero

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

suficientes para definir su quehacer. En efecto, la naturaleza intrínseca de los fósiles (organismos del pasado, variables y diversos, representados por sus restos o evidencias) y su significado primordial (permiten conocer las características y transformaciones de la vida a lo largo del tiempo) acercan o vinculan a la Paleontología con la Biología (e.g., con procedimientos taxonómicos basados en códigos de nomenclatura, necesarios para la descripción de especies) y la sitúan bajo el paradigma evolutivo. Es decir, aborda el estudio del registro fósil con perspectivas diferentes a las de la Geología, donde su desenvolvimiento está centrado en la información aplicada que los fósiles pueden aportar (e.g., Bioestratigrafía, Bioestratinomía). Esto no resta valor al estímulo que da la Geología a la Paleontología, ni a la fecunda integración del conocimiento que ambas generan. Además, si bien los fósiles prueban el hecho evolutivo, algunas proposiciones teóricas de esta última ciencia han llevado a modificar la concepción tradicional de dicho proceso.

De esta forma, la Paleontología constituye un ámbito interdisciplinario, de interfase o especialidad entre la Biología y Geología (Fig. 2). La obtención e interpretación de los datos, bajo una metodología posdictiva (reanálisis de lo conocido a partir de nuevos hallazgos), requiere utilizar conceptos y procedimientos elaborados en ambas disciplinas y de otros propios (e.g., uniformismo taxonómico y ambiental, estudio de órganos vestigiales, iteración de patrones paleoecológicos, análisis tafonómico, análisis morfofuncional).

En síntesis, la Paleontología aborda el estudio integral del registro fósil. Posee objetivos de investigación, principios metodológicos y un cuerpo teórico propios, diferentes en su conjunto a los de la Biología y Geología, y su amplitud temática es abordada por múltiples especialidades. Además de abarcar el estudio descriptivo de los organismos y huellas del pasado (e.g., Micropaleontología, Paleobotánica, Paleopalinología, Paleontología de Invertebrados y de Vertebrados, Paleocnología) e implicancias paleobiológicas de tal registro, tiene el compromiso metodológico ineludible de conservar los ejemplares y las colecciones de fósiles (Fig. 3).

La carencia en Chile de una carrera profesional en Paleontología no implica desconocer su identidad como ciencia, y en particular a los más de 30 profesionales que hoy se dedican a ella en el país mediante alguna especialización (provenientes de la Biología o Geología), en diferentes instituciones (e.g., universidades, museos).



Fig. 2. Esquema del ámbito científico de la Paleontología.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

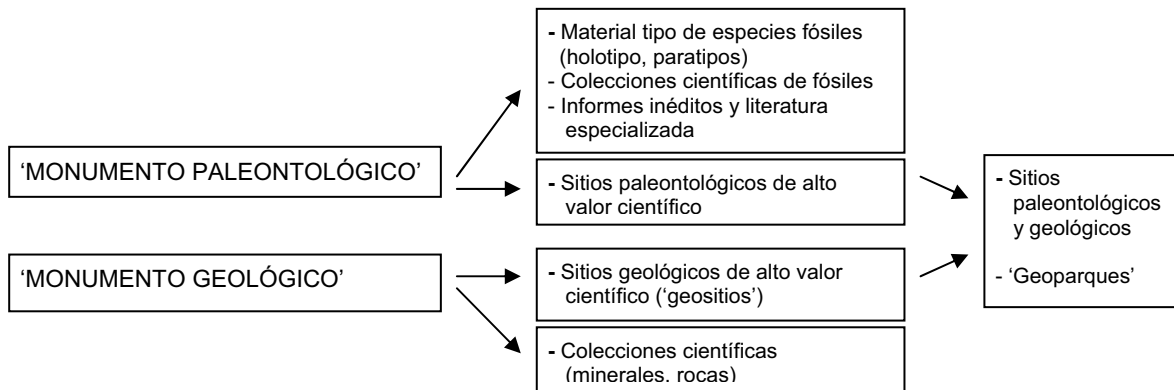


Fig. 3. Categorías y componentes del patrimonio paleontológico y geológico (o geopaleontológico). La denominación de 'Monumento' se basa en la Ley No. 17.288.

El patrimonio paleontológico

Este patrimonio puede ser definido como los fósiles disponibles en las rocas o en particular los que integran colecciones científicas institucionales, así como los sitios o yacimientos paleontológicos donde están presentes o han sido encontrados, cuya conservación es prioritaria por aportar información relevante para el conocimiento acerca de la historia de la vida, la geología del país y/o su relación con otras regiones.

Se trata de un patrimonio natural no renovable (el ser humano interviene sólo como agente destructor o mitigador), histórico (documenta un pasado que puede ser abordado mediante su análisis) y científico cultural (una comunidad de profesionales se dedica a su estudio, valoración, conservación y transmisión del conocimiento). [Se puede añadir que el conjunto del registro fósil es también considerado Patrimonio de la Humanidad, porque aporta información de nuestro pasado como especie biológica].

Los fósiles representan materiales únicos o irrepitibles (variables en lo individual, que se deben al proceso evolutivo), irreproducibles en forma natural en la actualidad. Es decir, su presencia en el registro geológico depende de un contexto histórico, contingente. Cada ejemplar extraído de los sitios paleontológicos es un resto o evidencia menos de los seres vivos del pasado. Además, en su conjunto se trata de materiales 'escasos', porque la mayor parte de la corteza terrestre está constituida por rocas ígneas y metamórficas, mientras que es mucho menor la proporción de rocas sedimentarias expuestas (donde generalmente están presentes). Finalmente, constituyen un registro incompleto (aunque en gran medida representativo a escala macroevolutiva), porque está formado por un número finito de organismos (y sus huellas) que vivieron en diferentes momentos y que tuvieron la oportunidad de ser preservados.

En cuanto a la investigación paleontológica cotidiana, la relevancia científica de los nuevos hallazgos de ejemplares es mayor en la medida en que está registrada su procedencia estratigráfica (recolección *in situ*), pertenecen a organismos o huellas no descritos previamente, están bien preservados o mejoran su representación en el registro fósil conocido, y tienen implicancias paleobiológicas y/o bioestratigráficas.

Este patrimonio está caracterizado por los siguientes componentes (Fig. 3):

1- Bienes 'muebles': material tipo y colecciones científicas de fósiles, históricas u obtenidas en nuevas recolecciones (en especial con buen control estratigráfico). Su registro y conservación son tareas prioritarias, ya que fundamentan el conocimiento científico disponible y posibilitan su reestudio. Su estatus 'legal' en taxonomía o como referente científico les otorga un valor permanente, aún cuando provengan de localidades donde son abundantes los materiales afines. A estos se agregan informes inéditos y bibliotecas especializadas, con información única acerca del registro fósil en el país.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

2- Bienes 'inmuebles': sitios paleontológicos de alto valor científico. En general son aquellos que tienen una extensión geográfica reducida, fácil acceso, fósiles significativos y/o constituyen 'yacimientos excepcionales' (por la cantidad de especímenes y/o la calidad de su preservación). Según la relevancia de los fósiles allí presentes, se puede hablar de 'sitio paleontológico' o 'sitio paleontológico y geológico'. Las localidades extensas donde convergen componentes valiosos de naturaleza paleontológica, geológica, biológica y/o paisajística pueden llegar a ser reconocidas como 'Geoparques' (Fig. 3).

En Chile la palabra 'geopatrimonio' se ha utilizado en especial como sinónimo de 'patrimonio geológico', aunque también es definida como 'patrimonio de la Tierra'. En ambos casos se refiere fundamentalmente a sitios o localidades donde se encuentran componentes significativos (materiales o del paisaje) para la Geología y las Ciencias de la Tierra en su conjunto, y las acciones involucradas se centran en la gestión patrimonial y turística de tales áreas. Es decir, se trata de la puesta en valor de estos bienes en el terreno (en lugar de su conceptualización). En tal sentido, UNESCO (2007) promueve la definición de 'Geoparques' en un plano integrador y como una forma de consolidar la protección de áreas geográficas con sitios de importancia no sólo para la Geología (en sentido amplio), sino que también para la Ecología, Arqueología, Historia y la Cultura.

Como ya se indicó, el patrimonio paleontológico está muy vinculado con el geológico por la localización de los fósiles en el terreno y la información aplicada que éstos aportan para la comprensión de los procesos o eventos que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra. En efecto, ellos evidencian la evolución biológica, son el referente principal de la naturaleza lineal del tiempo geológico y permiten comparar las sucesiones sedimentarias locales y del mundo. Por lo tanto, la posibilidad de fundar 'Geoparques' en el país es muy favorable para el conocimiento y divulgación de ambos ámbitos y sus materiales de estudio. Sin embargo, los sitios con fósiles son una parte del patrimonio paleontológico a proteger (Fig. 3), y el grado de relevancia de éstos bienes surge a partir del estudio integral que efectúa la Paleontología sobre el registro fósil.

Marco legal de protección del patrimonio paleontológico en Chile

La Ley No. 17.288 (de Monumentos Nacionales; 1970) es la más importante respecto a la protección y conservación de este patrimonio. Como fundamento, señala que hay lugares, piezas u objetos cuya conservación 'interesa a la historia, al arte o a la ciencia' (Título I, Artículo 1). Según dicho texto, abarca las 'piezas paleontológicas y los lugares donde se hallaren', incorporados como 'Monumento Arqueológico'. Los sitios pueden ser protegidos mediante otras dos categorías allí definidas (Tabla 1). El Consejo de Monumentos Nacionales es el organismo técnico encargado de su tuición y protección (en documentos recientes preparados por sus miembros, este patrimonio es clasificado como 'Monumentos Paleontológicos'; e.g., Simonetti, 2005).

Esta norma cuenta con un Reglamento ('sobre excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas'; Decreto Supremo No. 484 del año 1990, publicado en 1991). La Ley No. 20.021 (14 de junio de 2005) modificó este último, creando una nueva figura penal y actualizando sus multas. Allí se indica que es obligatorio notificar el hallazgo de materiales y sitios paleontológicos (la infracción se sanciona con multas entre 5 y 200 UTM; 1 UTM = \$ 36.910, octubre de 2008), y solicitar permiso para prospectar o excavar en busca de fósiles (se contemplan multas entre 10 y 500 UTM). También se sanciona el daño, usurpación indebida o receptación de un Monumento Nacional (multas de 50 a 200 UTM), incluso con privación de libertad. Finalmente, la Ley No. 19.300 ('sobre Bases Generales del Medio Ambiente'; 1994) consagra la protección del patrimonio cultural, en cuya definición de 'medio ambiente' están incorporados los elementos socioculturales (e.g., Ley No. 17.288) y sus interacciones.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Tabla 1. Categorías de Monumentos Nacionales (Ley No. 17.288) y el patrimonio paleontológico.

'Monumento Arqueológico'	'Santuario de la Naturaleza'	'Monumento Histórico'
'Para los efectos de la presente ley quedan comprendidas también (en esta categoría) las piezas paleontológicas y los lugares donde se hallaren' (Título I, Artículo 1; Título V, Artículo 21). Estos constituyentes son considerados de propiedad fiscal 'por el sólo ministerio de la ley', de manera que su protección no requiere ser declarada mediante decreto alguno.	Se trata de 'sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, (...), o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado' (Título VII, Artículo 31). En esta categoría han sido protegidos la Quebrada Chacarilla y el bosque petrificado en Punta Pelluco (Regiones I y X, respectivamente). Próximamente se incluirá a Bahía Inglesa (Región III).	Abarca bienes muebles e inmuebles que deban ser protegidos 'por su calidad e interés histórico o artístico o por su antigüedad' (Título III, Artículo 9). Bajo esta categoría están declarados los yacimientos paleontológicos en Pichasca, Termas del Flaco y la Cueva del Milodón (Regiones IV, VI y XII, respectivamente).

Análisis de la normativa respecto al patrimonio paleontológico

Al estar incorporado al arqueológico, el tratamiento de este patrimonio es en general indirecto, desigual e incompleto, lo que ha sido traspasado a otros cuerpos legales. La Ley No. 17.288 carece de definiciones y tampoco precisa los componentes hacia donde deberían estar orientadas las acciones de resguardo y protección (Fig. 3). Se alude, por ejemplo, a 'piezas tipo' sólo en relación con los ejemplares obtenidos en las excavaciones y su destino (Título V, Artículo 24; Decreto No. 484, Artículo 22), sin considerar que los fósiles son objeto de un estudio taxonómico similar al que realiza la Biología con los organismos actuales. Si bien promueve que las instituciones acreditadas den a conocer sus colecciones (*e.g.*, catálogos), la protección de estas últimas estaría centrada en el mantenimiento de un registro de tales reparticiones (Título II, Artículo 6; Título IX, Artículo 37). Además, dicha ley omite referirse a la tenencia y destino final de las colecciones particulares.

En contraposición a una recolección libre y 'responsable' de fósiles, aceptada en U.S.A. y varios países europeos, la Ley No. 17.288 considera como patrimonio a todos los sitios paleontológicos. Esta declaración debería ser entendida como precautoria, considerando que: 1) la extracción ilegal de fósiles *in situ* (en los estratos de roca), sin un procedimiento científico, genera un perjuicio grave e irreparable, ya que pierden su contexto de significación; 2) el mayor beneficio público se obtiene utilizando los fósiles en la investigación científica, educación y turismo regulado; 3) impedir su comercialización reduce el interés social por recolectar especímenes más allá de los disponibles *ex situ* (en el rodado). Por ello, la divulgación de decomisos de fósiles y sanciones aplicadas son acciones que favorecen la toma de conciencia por parte de la sociedad. En particular, si ellas resultan de una fiscalización orientada a detectar el tráfico y venta basados en la explotación continua y a gran escala de sitios paleontológicos (*e.g.*, Bahía Inglesa).

En términos generales, es discutible que se consideren como propiedad del Estado todos los materiales o especímenes paleontológicos y los lugares donde se encuentran, debido a las características particulares del registro fósil y su estudio: 1) heterogeneidad de materiales (partes corporales, moldes o huellas), tamaños (micro y microfósiles) y grado de preservación (piezas completas, fragmentos o impresiones), donde una sola especie puede estar representada por esta amplia gama de especímenes; 2) abundancia y representación relativas de los diferentes grupos sistemáticos o sus huellas, lo que está en directa relación con su biología, presencia o no de partes esqueléticas y con el ambiente donde habitaron, se acumularon sus restos o donde quedaron indicios de su presencia; 3) valor científico relativo de los nuevos hallazgos, lo que depende del conocimiento disponible (y/o registro fósil conocido) del taxón, huella o asociación encontrada; 4) amplia extensión de los afloramientos con fósiles y cambios

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

laterales de facies, lo que incide en la mayor o menor probabilidad de encontrarlos; y 5) exposición y desgaste natural de los sitios paleontológicos y fósiles allí presentes.

Por el contrario, la normativa debería estar orientada a la prevención de las situaciones o acciones que ponen en riesgo a los componentes más significativos de este patrimonio. Entre éstas se encuentran la pérdida de colecciones científicas institucionales, la extracción ilegal de fósiles *in situ* y en especial de especímenes u organismos cuyo registro conocido es reducido (e.g., vertebrados, plantas), y la explotación de sitios paleontológicos de elevada significación. Considerando la singularidad de dichos componentes, la reparación o mitigación del daño provocado por tales instancias excluye alguna posibilidad de alcanzar una condición similar o equivalente a la inicial.

Es necesario, además, fortalecer las reparticiones dedicadas al estudio, conservación y difusión de los fósiles disponibles en el país y su significado, ampliando a nivel nacional la disponibilidad de cargos para paleontólogos. En particular, el Consejo de Monumentos Nacionales carece de estos profesionales en su Secretaría Ejecutiva, y la comunidad paleontológica (y geológica) está ausente entre quienes tienen representación oficial en dicho organismo (el SERNAGEOMIN participa sólo como institución asesora). Esto constituye una seria limitación para abordar la gestión de este patrimonio, que además de promover el cumplimiento de la normativa vigente también involucra su difusión apropiada, la confección de un registro o inventario de sitios paleontológicos (con una estimación de su valor patrimonial, grado de vulnerabilidad y nivel de protección), y la elaboración de instructivos o procedimientos intra e interinstitucionales.

Conclusiones

La Paleontología es una Ciencia de la Tierra y constituye un ámbito interdisciplinario entre la Biología y Geología. El país cuenta con paleontólogos especializados en diferentes grupos de fósiles, en cuya actividad científica se fundamenta el reconocimiento del patrimonio paleontológico. Para convertirse en un instrumento efectivo de protección, la Ley No. 17.288 requiere abordar dicho patrimonio en forma directa e integral (independiente del arqueológico), precisar sus componentes significativos y orientar su articulado a la prevención de las reales instancias que lo ponen en riesgo (e.g., pérdida de colecciones científicas; extracción de fósiles sin control estratigráfico). Es prioritario que el Consejo de Monumentos Nacionales incorpore paleontólogos en su planta profesional, y fortalezca su interacción con la comunidad paleontológica y geológica del país.

Agradecimientos

Ernesto Pérez, F. Amaro Mourgues (SERNAGEOMIN) y Miguel Manceñido (Museo de la Plata) aportaron sugerencias a las versiones preliminares. La figura 2 se basa en un bosquejo elaborado en conjunto con Sven Nielsen (Christian-Albrechts-Universität, Kiel) a comienzos de 2007. Diferentes aspectos de este trabajo fueron analizados con los Drs. Wolfgang Stinnesbeck (Universität Heidelberg), Alberto Riccardi (Museo de La Plata) y M. Beatriz Aguirre-Urreta (Universidad de Buenos Aires).

Referencias

- Montero, A.; Diéguez, C. 1998. Datos para la Paleontología chilena. La Paleontología en la expedición Heuland a Chile y Perú (1795-1800). *Asclepio* L(1): 69-78.
- Simonetti, S. 2005. El Consejo de Monumentos Nacionales. *In* Primer Seminario Minería y Monumentos Nacionales, Patrimonio Arqueológico, Paleontológico e Histórico (G. Fernández; P. González; Editores), p. 98-104. Santiago.
- UNESCO, 2007. Global Geoparks Network. Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network, 10 p. [www.globalgeopark.org/Portals/1/documents/2007guidelinesJanuary].

LA PALEONTOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN: INICIOS, DESARROLLO Y VIGENCIA DOCENTE E INVESTIGATIVA

Sylvia Palma-Heldt¹; Gerardo Flores²

¹Laboratorio de Paleobotánica, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, sypalma@udec.cl. ²Conservador, Museo Geológico, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción

De los inicios

Las cátedras de Paleontología en la Universidad de Concepción se han dictado a partir del año 1963, al llegar el geólogo y paleontólogo húngaro Lajos Biró Bagóczy al poco tiempo de egresar de la Carrera de Geología, en la Universidad de Chile. Inicialmente se imparten a las carreras de Biología y Pedagogía en Biología, y desde 1983 se agregan a la entonces recién creada Carrera de Geología.

En 1972, gracias a la gestión del profesor Biró, se formó el Departamento de Geología y Paleontología uniendo infraestructura y personal de la Universidad que tenían relación con la Geología. Se consolidó así el actual Departamento Ciencias de la Tierra. El profesor Biró fue, entonces, el principal gestor de la Paleontología como disciplina, incrementando su desarrollo durante 30 años hasta la fecha de su fallecimiento, el 24 de agosto de 1993. Se formó una biblioteca especializada y una colección paleontológica que actualmente alcanza los 35.000 ejemplares, que comprenden vegetales, invertebrados y vertebrados.

De la continuidad

Entre los discípulos del profesor Biró, quien encabeza esta presentación trabaja desde el año 1976 en Paleontología General como docente, y desarrolló la Paleobotánica como línea de investigación, con énfasis en Paleopalinología del Triásico-Cenozoico de Chile centro-sur y de Antártica insular.

Tras el fallecimiento del profesor Biró, se incorporó al Departamento el Dr. Luis Arturo Quinzio, geólogo, doctorado en Bioestratigrafía, que pasa a formar parte importante del staff paleontológico.

Fundamental ha sido el apoyo, a partir del año 1980, del conservador del Museo y encargado del Taller de Paleontología y de la Biblioteca especializada (coautor de este trabajo), y de los asistentes del Laboratorio de Paleobotánica.

De la docencia

A la fecha, en la Universidad de Concepción se dictan ocho asignaturas de pregrado relacionadas con el tema que nos convoca, entre curriculares y electivas: Paleontología, para Geología; Geología y Paleontología General, para Biología; Paleobotánica; Paleopalinología Aplicada; Paleontología de Vertebrados; Principios de Estratigrafía y Sedimentología, para biólogos; y Metodología de Investigación Paleobotánica y su aplicación en la Estratigrafía, para diferentes interesados.

Además se dictó en los años 2005 y 2006 el Curso SENCE de Perfeccionamiento 'Paleontología y Teoría Evolutiva para docentes de Enseñanza Básica y Media'.

De la investigación

Las primeras investigaciones se realizaron en fauna de la Formación Quiriquina, en Lo Valdés y en Termas del Flaco, principalmente en amonites, bivalvos, condriótios y reptiles. Desde el año 1978 se investiga en Paleobotánica de la cuenca carbonífera de Arauco, incluyendo consideraciones estratigráficas y paleoambientales. En la década del 90 se hizo énfasis en la Paleopalinología de las cuencas carboníferas oligo-miocenas de



Lajos Biró-Bagóczy
1929-1993

Chile al sur de los 36° S (Angol, Lonquimay, Valdivia, La Unión, Osorno, Parga, Magallanes). Además, en tafofloras e invertebrados del Triásico Superior del Valle Inferior del Río Biobío. A partir del 2000 las investigaciones se centran en la Paleobotánica de secuencias jurásicas a cretácicas de Aysén, y en estudios en Antártica insular (islas Rey Jorge, Livingston y Seymour o Marambio). En forma paralela se realizan estudios paleontológicos de flora y fauna en la Formación Quiriquina, analizando el límite K/P.

Del museo

El 'Museo Geológico Prof. Lajos Biró Bagóczy' de la Universidad de Concepción es una colección organizada en orden estratigráfico, geográfico y sistemático. Tiene destinadas sus colecciones para el uso de la docencia, de la investigación y de la extensión a través de sus salas de exhibición permanente.

Se destacan principalmente las colecciones regionales de las formaciones Quiriquina y Tubul, Triásico Superior del valle inferior del Biobío, islas Santa María y Mocha. Además, son de importancia las colecciones de localidades como: Mejillones, Tongoy, Cerritos Bayos, Río Maitenes, Lo Valdés, Baños del Flaco y Lonquimay. En los últimos años se incorporaron muestras de Antártica insular. Anexo al Museo se encuentra la Paleopalinoteca, con cerca de 1500 muestras analizadas, lo que generó 7500 preparaciones o 'slides'.

Las salas de exhibición del Museo están destinadas a dar a conocer principalmente el patrimonio paleontológico regional, y la difusión de las riquezas minerales del país. Con este fin se realizan talleres a la comunidad escolar, razón por la cual el Museo es visitado durante todo el año por estudiantes y público en general.

Las colecciones del museo se han ido enriqueciendo permanentemente gracias a donaciones de docentes del Departamento, alumnos y ex-alumnos, además del aporte desinteresado por parte de particulares.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

De la Biblioteca Paleontológica

La biblioteca especializada consta de más de 1000 ejemplares, entre libros, revistas, boletines, separatas, memorias y seminarios de título de geólogos y biólogos. Se conservan los textos originales de R. A. Philippi, J. Tavera, S. Archangelsky, así como la Colección Ameghiniana de Vertebrados, entre otros textos clásicos.

De los discípulos

Se estima conveniente mencionar los discípulos que han iniciado su vida profesional desde estas aulas: Dr. Alfonso Rubilar (paleontólogo del SERNAGEOMIN); Dr. Mauricio Rondanelli (palinólogo de la Universidad de Concepción); Dra. Margarita Marchant (micropaleontóloga de la Universidad de Concepción); Dra. Eugenia Gayó (paleobotánica de la Universidad Católica de Chile); Dr. Marcelo Leppe (paleobotánico del Instituto Antártico Chileno); Carlos Muñoz (biólogo de la Universidad de Concepción).

A estos se suman el geólogo Christian Salazar y el biólogo Philippe Moisan, quienes cursan posgrados en universidades alemanas; el primero en amonites jurásico-cretácicos y el segundo en Paleobotánica del Triásico.

Para la discusión

¿La Paleontología es una 'disciplina' de la Geología o de la Biología?, ¿Pertenece a ambas líneas o más bien tiene vigencia propia?

En la última versión del Tratado de Paleontología de Bermudo Meléndez (1998, pág. 1) se indica que la Paleontología 'precisa el conjunto de todas las Ciencias Naturales', y 'ocupa una posición intermedia de enlace entre las biológicas y geológicas, empleando los métodos de investigación propios de ambas'. En un ámbito diferente al académico, la Real Academia Española define como 'Paleontólogo/a' a toda 'persona que profesa la Paleontología o tiene en ella especiales conocimientos'.

Concluamos entonces que en el caso de universidades que no ofrecen la Carrera de Paleontología, como es el caso de las universidades chilenas, debe producirse una interrelación entre la Biología y la Geología. Los paleontólogos que tienen formación biológica deben estudiar además disciplinas geológicas indispensables: Geología General, Estratigrafía, Ambientes de Sedimentación, Petrología Sedimentaria, Geología Histórica. Los investigadores cuya formación básica es en Geología, tienen que adquirir conocimientos de Zoología, Botánica, Taxonomía, Anatomía, Evolución, Biogeografía. Y esto es lo que ha pretendido hasta la fecha nuestra Universidad.

Conclusiones

La Universidad de Concepción ha desarrollado la Paleontología en forma sostenida en el tiempo, logrando ser la institución chilena donde mejor desarrollo ha tenido la disciplina en sentido amplio. Ofrece asignaturas paleontológicas en sus planes de estudio, incorpora estudiantes a la investigación, ofreciendo temas para memorias y seminarios de título, ha formado discípulos, tiene la infraestructura necesaria y una biblioteca adecuada.

Referencias

Meléndez, B. 1998. Tratado de Paleontología. Tomo I. Tercera Edición (G. Meléndez), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Colección Textos Universitarios, No. 29: 457 p.

VALORACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE HUELLAS DE VERTEBRADOS MESOZOICOS EN CHILE

Karen Moreno

Computational Biomechanics Research Group, Australia. dinohuella@yahoo.com

Introducción

Desde 1962 se han descubierto diversos sitios con huellas de vertebrados mesozoicos en Chile (Fig. 1; Galli y Dingman, 1962; Casamiquela y Fasola, 1968; Bell y Suárez, 1989; Moreno *et al.*, 2004; Moreno, 2007), evidenciando la presencia en el país de una interesante diversidad de especies de dinosaurios y otros vertebrados contemporáneos. La información obtenida a partir de estos fósiles es de alta importancia científica, tanto a nivel del continente como mundial, siendo motivo de varias comunicaciones científicas (Rubilar-Rogers *et al.*, 1998; Moreno *et al.*, 2000; Moreno y Pino, 2002; Moreno *et al.*, 2004; Moreno y Benton, 2005; Moreno, 2005; Moreno, 2007; Rubilar-Rogers *et al.*, 2008). Aunque esta información ha sido ocasionalmente divulgada por diferentes medios de comunicación y se han presentado algunos proyectos de desarrollo orientados a su conocimiento y protección, la conciencia sobre su valor patrimonial continúa siendo escasa en la población. Esto conlleva a dos problemáticas: su desaprovechamiento como enorme potencial educativo y turístico, y de forma asociada, los peligros de deterioro a los que estos sitios están sujetos.

El presente trabajo provee información sobre la potencialidad de desarrollo educacional y turístico de cinco yacimientos paleoicnológicos del país (Fig. 1), su condición actual de conservación, y propuestas que apuntan a mejorar los aspectos de difusión y conservación.

Chacarilla

La Quebrada Chacarilla (Fig. 1), aproximadamente a 40 km al sureste de Pica (I Región), contiene varios afloramientos con huellas de vertebrados del Jurásico Superior–Cretácico Inferior (Formación Chacarilla, Galli y Dingman, 1962; Moreno, 2006; Rubilar-Rogers *et al.*, 2008). Éstos fueron declarados Monumento Natural en Agosto de 2004.

La diversidad de huellas observada en sus estratos inclinados (40-90 grados) es impresionante: paleoicnitas de cocodrilos, dinosaurios terópodos (principalmente carnívoros) de 7 cm a más de un metro de largo, saurópodos y ornitópodos (ambos herbívoros) de gran tamaño (70-100 cm). Estos rastros indican comportamientos variados: caminata, zigzagado, natación, interacción intra e interespecífica, entre otros, los cuales continúan siendo estudiados.

Esta quebrada se ubica en el desierto de Atacama, uno de los parajes más áridos del mundo, contrastando con la abundancia y tamaño alcanzado por la fauna y flora que reportan los fósiles preservados. Proyectos de conservación de este sitio han sido presentados a la Ilustre Municipalidad de Pica desde 2001 (P. Cañarte y K. Moreno). Sin embargo, los esfuerzos de las autoridades han sido enfocados al montaje de esculturas en el pueblo de Pica, pero no así al arreglo de caminos de acceso, señalización, museología, organización de recorridos turísticos o conservación de los sitios paleontológicos.

Su existencia es ampliamente conocida en Chile. Actualmente los visitantes son principalmente entusiastas de rally. Las consecuencias de la falta de información son: graves accidentes en medio del desierto y la vulnerabilidad del sitio con paleoicnitas ante la escalada sobre el estrato portador y el vandalismo.



Fig. 1. Mapa general de ubicación de cinco sitios paleoicnológicos del Mesozoico en Chile. 1- Chacarilla, interior de Iquique, I Región. 2- Guatacondo, interior de Iquique, I Región. 3- San Salvador, oeste de Calama, II Región. 4- Lo Valdés, sureste de Santiago, Región Metropolitana. 5- Termas del Flaco, sureste de San Fernando, VI Región.

Guatacondo

En los alrededores del pueblo de Guatacondo (I Región; Fig. 1) se encuentran afloramientos de la Formación Chacarilla (inicialmente denominada en este sector como Majala; Galli y Dingman, 1962), en los cuales se ha podido constatar la presencia de icnitas de dinosaurios terópodos de diversos tamaños (10-110 cm).

Debido a la cercanía al poblado, el acceso se encuentra en buenas condiciones y existe preocupación local por su conservación. Sin embargo, información sobre las huellas de dinosaurios en sí es prácticamente desconocida. El turismo se centra en hallazgos arqueológicos relacionados con el Camino del Inca.

San Salvador

Alrededor de 20 km al oeste de Calama (II Región; Fig. 1) se encuentran afloramientos del Jurásico Superior de la Formación San Salvador, que contienen decenas de pistas de dinosaurios pequeños a medianos (icnitas de 12-40 cm de largo, Moreno, *et al.*, 2004).

La preservación de las huellas es poco común. Estas revelan capas profundas en donde los animales habían hundido los pies en el sedimento fangoso, por lo que se puede observar el moviendo de entrada y salida del autópodo, aún cuando la morfología del pie es poco clara a ojos neófitos. Esta información es invaluable para el estudio de la biomecánica de la locomoción (*e.g.*, Gatesy *et al.*, 1999; Gatesy, 2003).

El sitio es de difícil acceso. Se desconoce la existencia de planes de desarrollo o conservación. Hasta el momento, su seguridad depende principalmente de la ignorancia sobre su existencia.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Lo Valdés

En una vega a los pies del cerro Arenas se encuentran grandes bloques de roca provenientes de la Formación Río Damas (Jurásico Superior), a 6 km al noroeste de la localidad de Baños Morales y Lo Valdés (Región Metropolitana; Fig. 1).

Dichos bloques presentan diversas estructuras sedimentarias, entre las cuales se ha descubierto huellas fósiles de reptiles (Dinosauria?, Lacerta) y peces. Este registro es conocido desde fines de 2001 y su estudio está en progreso (Moreno, 2007, informe inédito).

Actualmente estas paleoicnitas se encuentran en riesgo de ser intervenidas debido a los planes para realizar faenas en el sector por parte de una empresa hidroeléctrica (AES GENER). Esta última ha mostrado interés en llevar a cabo una conveniente línea de base de las huellas y modificar sus planes iniciales, para lo cual se ha puesto en contacto con un equipo de paleontólogos. Es de esperar que esta situación de vulnerabilidad se revierta.

Termas del Flaco

A 600 m al este de la localidad cordillerana de Termas del Flaco (VI Región, Fig. 1), en una capa inclinada de la Formación Baños del Flaco (Jurásico Superior, Titoniano) se han preservado huellas de dinosaurios saurópodos (ca. 70 cm), pequeños ornitópodos (ca. 15 cm) y terópodos pequeños a medianos (12-35 cm).

La información científica disponible acerca de este registro es abundante (Casamiquela y Fasola, 1968; Moreno y Pino, 2002; Moreno y Benton, 2005), en comparación con otros sitios del país. Ésta revela una interesante asociación faunística a las orillas de un lagoon ('ojo de mar') subtropical, en las cercanías de un arrecife de coral, contrastando fuertemente con las condiciones climáticas actuales.

El sitio es visitado por cientos de personas durante los meses de primavera y verano, cuando el hielo y nieve retroceden. Los servicios incluyen: guías turísticos de formación principalmente autodidacta y paseos a caballo. Un modesto proyecto fue licitado en 2007 por el Consejo de Monumentos Nacionales con el objetivo de instalar señalizaciones, entregar información y demarcar senderos. Sin embargo, debido a la alta frecuencia de visitantes y la naturaleza del lugar (deshielo anual, paso de animales), estos esfuerzos resultan poco efectivos.

Conclusiones

Los cinco sitios con huellas de vertebrados mesozoicos nombrados aquí representan un número significativo de afloramientos con dichas características para un territorio como nuestro país. Sin embargo, las prospecciones e investigaciones paleoicnológicas están aún en una etapa inicial en Chile. A pesar de esto, la información disponible actualmente es de alto valor científico y patrimonial, por lo que su difusión a la comunidad es de gran importancia.

Evalutados en su conjunto, se puede señalar que la espectacularidad de los sitios es alta (Fig. 2). En cuanto a la facilidad de acceso, destacan los de Guatacondo, Lo Valdés y Termas del Flaco. La difusión sobre la existencia de ellos es variable. Los esfuerzos orientados hacia su conservación son en general exiguos. En su gran mayoría la potencialidad de desarrollo turístico es alta. La información científica disponible se concentra en los sitios de Chacarilla y Termas del Flaco, siendo los hallazgos más antiguos. Finalmente, casi todos los sitios son altamente vulnerables (Fig. 2).

Es importante destacar que estos sitios, actualmente subvalorados, son capaces de transmitir un mensaje educativo extremadamente útil para los desafíos de la vida actual.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

	Chacarilla	Guatacondo	San Salvador	Lo Valdes	Termas del Flaco
N = no existe/difícil M = mediano/bueno A = alto/excelente					
Espectacularidad	A	M	M	M	A
Facilidad de acceso	N	A	N	A	A
Difusión sobre su existencia	A	M	N	N	A
Esfuerzos vertidos en su conservación	N	M	N	N	M
Potencialidad desarrollo turístico	A	A	M	A	A
Información científica disponible	A	M	M	N	A
Vulnerabilidad	A	A	M	A	A

Fig. 2. Tipificación del grado de conocimiento y gestión patrimonial-turística de los cinco sitios con huellas de vertebrados mesozoicos mencionados en el texto.

Algunas lecciones acerca del cambio climático, extinciones y desarrollo sustentable se pueden aprender a partir de los hechos del pasado. Además, la paleontología es un tema recibido de forma muy abierta por parte de la población y en especial por los jóvenes. Por lo tanto, es una forma muy efectiva de sensibilización social acerca de dichos temas (ver en www.gonfoterio.cl un ejemplo de excavación arqueológica y paleontológica con alto énfasis en educación y difusión).

Las huellas fósiles son evidencias de la actividad de un ser vivo y en consecuencia es lo más cercano a ver 'una película de dinosaurios grabada en la roca'. Esta 'cinta' tiene la potencialidad de generar nuevas alternativas de desarrollo turístico para el país, conocer acerca del patrimonio nacional y educar sobre la complejidad del equilibrio ecológico en el que estamos insertos. En consecuencia, es de suma importancia encausar los esfuerzos para proteger sitios paleoicnológicos como los aquí mencionados, un proyecto necesario para el desarrollo de nuestro país a futuro.

Referencias

- Bell, C.M.; Suárez, M. 1989. Vertebrate fossils and trace fossils in Upper Jurassic-Lower Cretaceous red beds in the Atacama Region, Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 2: 351-357.
- Casamiquela, R.M.; Fasola, A. 1968. Sobre pisadas de dinosaurios del Cretácico Inferior de Colchagua (Chile). *Universidad de Chile, Departamento de Geología, Publicación* (30): 1-24.
- Galli, C.; Dingman, R. 1962. Cuadrángulos Pica, Alca, Matilla y Chacarilla, con un estudio sobre los recursos de agua subterránea. Provincia de Tarapacá. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile* 3(2-5): 125 p. 1:50.000.
- Gatesy, S.M. 2003. Direct and indirect track features: what sediment did a dinosaur touch?. *Ichnos* 10: 91-98.
- Gatesy, S.M.; Middleton, K.M.; Jenkins, F.A.J. 1999. Three-dimensional preservation of foot movements in Triassic theropod dinosaurs. *Nature* 399: 141-144.
- Moreno, K. 2005. Jurassic-Cretaceous dinosaur footprints from South America and pedal biomechanics in ornithomimid dinosaurs. Ph.D. Thesis (unpublished) University of Bristol: 152 p.
- Moreno, K. 2007. Informe Preliminar: Material de interés paleontológico en Sector Alto Río Volcán. Presentado a: Consejo de Monumentos Nacionales / Gobernación de la Provincia Cordillera (Inédito): 7 p.
- Moreno, K.; Benton, M.J. 2005. Occurrence of sauropod dinosaur tracks in the Upper Jurassic of Chile (redescription of *Iguanodonichnus frenki*). *Journal of South American Earth Sciences* 20: 253-257.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Moreno, K.; Blanco, N.; Tomlinson, A. 2004. New dinosaur footprints from the Upper Jurassic of northern Chile. *Ameghiniana* 41: 535-544.
- Moreno, K.; Pino, M. 2002. Huellas de dinosaurios (Theropoda-Ornitopoda-Sauropoda) de la Formación Baños del Flaco, VI Región, Chile: paleoambiente y paleoetología. *Revista Geológica de Chile* 29: 191-206.
- Moreno, K.; Rubilar-Rogers, D.; Blanco, N. 2000. Icnitas de dinosaurios de la Formación Chacarilla, I y II Región, Norte de Chile. *Ameghiniana, Suplemento Resúmenes* 37(4): R30.
- Rubilar-Rogers, D.; Moreno, K.; Blanco, N.; Calvo, J.O. 2008. Theropod dinosaur trackways from the Lower Cretaceous of the Chacarilla Formation, Chile. *Revista Geológica de Chile* 35: 175-184.
- Rubilar-Rogers, D.; Moreno, K.; Vargas, A. 1998. A revision of dinosaur trackways (Theropoda-Sauropoda-Ornithopoda) at Baños del Flaco Formation, VI Región, Chile. *In Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebradas*, No. 14, Libro de Resúmenes: 50. Neuquén.

POTENCIAL DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO EN EL MANEJO DE DATOS PALEOBOTÁNICOS

Miguel Cisterna¹; Andrea Llanos¹; Teresa Torres²

^{1,2} Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales Renovables,
Universidad de Chile, Santa Rosa 11315, Santiago

Introducción

El propósito de este trabajo es mostrar la relevancia de generar una base de datos paleobotánica que reúna los registros fósiles de la Era Cenozoica en Patagonia Chilena y Península Antártica. Éstos se obtendrán de la mayor cantidad posible de estudios, trabajos e investigaciones desarrolladas en ambos territorios. Si bien se contará con la información procesada de forma escrita, se busca agregar un plus visual al objetivo, de modo que esta información sea amigable al momento de estudiarla. Esto se cumplirá con la construcción de un Sistema de Información Geográfico (SIG), el que estará asociado a la base de datos. La finalidad de este SIG es mostrar visualmente la información textual que se ha procesado anteriormente, a partir de las coordenadas geográficas correspondientes a cada fósil incorporado a la base de datos, además de plasmar la distribución geográfica de los distintos taxones.

Son muchas las investigaciones realizadas en paleobotánica, y la bibliografía disponible es muy variada en cuanto a eras, períodos y épocas geológicas, así como de los materiales estudiados y sus asignaciones taxonómicas. En Patagonia Chilena y Península Antártica se han emprendido variados trabajos en esta materia, debido a los amplios antecedentes geológicos disponibles, que intentan precisar la conexión y cercanía geográfica que existió entre ambas zonas en el pasado. Para el caso particular de este trabajo, importarán los estudios desarrollados en Patagonia tanto chilena como argentina y Península Antártica. Los datos de ambos territorios son de rangos estratigráficos diferentes y de diversas localidades. Por lo tanto, se hace necesario buscar la forma de englobar en un único sistema esta información, de manera que se facilite un mejor análisis y la integración con otras bases de datos y estudios de éstas y otras zonas de interés paleobotánico.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica y posterior tratamiento de la información recolectada de acuerdo a los siguientes pasos:

1- Recolección y análisis de la información. Para este propósito se revisó la extensa colección bibliográfica del Laboratorio de Paleobotánica de la Facultad de Ciencias Agronómicas (Universidad de Chile), que en esta primera etapa resulta ser representativa. Se analizó detenidamente la información paleobotánica, seleccionando aquella del Cenozoico de Patagonia y Península Antártica.

2- Clasificación de la información reunida. La información analizada se ordenó en tres categorías principales, que corresponden a las grandes ramas de la paleobotánica: paleoixilología (maderas petrificadas), estudio de improntas de frondas, y paleopalinología (granos de polen y esporas). Esto permite mantener un orden que facilita el tratamiento y posterior análisis geográfico del SIG. Para cada taxón o parataxón se debe construir una ficha donde se describan los siguientes datos: lugar de procedencia geográfica y estratigráfica, coordenadas geográficas, clasificación (familia, género y especie), recolector (persona que tomó la muestra en terreno), año de recolección, autor (identificador del taxón), cita bibliográfica e imagen (si está disponible).

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

3- Levantamiento del SIG. Una vez precisadas las coordenadas geográficas geodésicas para cada espécimen fósil mencionado en la literatura citada, así como los disponibles en la colección científica de una de las autoras (T. Torres), y mediante la utilización de los Software Idrisi Kilimanjaro y Arcview utilizados en SIG, se ubicarán espacialmente los datos paleobotánicos sobre mapas que correspondan al registro (Patagonia o Península Antártica), para representar el patrón biogeográfico de éstos. Logrado lo anterior, el resultado comprenderá tres capas temáticas de información: una de paleoecología, otra de palinología y la tercera de improntas foliares.

Resultados y discusión

Como se mencionó en la metodología, la base de datos contemplará una ficha técnica para cada taxón o parataxón (Fig. 1). Al contar con todos estos campos y sus atributos, la búsqueda puede realizarse según el interés de cada investigador. Si este desea obtener todos los hallazgos efectuados en Isla Seymour, debe seleccionar esta localidad desde el campo temático 'Localidad'; si desea realizar una búsqueda basada en la especie, debe hacerlo desde el campo temático 'Clasificación'.

El SIG construido mostrará la distribución de los taxones en los mapas de Patagonia y Península Antártica. Es mucho más amigable un tratamiento 'visual' de la información de distribución de los fósiles que directamente a partir de la bibliografía. Estos primeros datos son relevantes a los propósitos del Anillo en Ciencia Antártica (ART-04 PBCT), uno de cuyos objetivos es crear una Base de Datos Geológica y Paleontológica asociada a un SIG que reúna los documentos de todas las áreas involucradas en el proyecto, y permita tanto interactuar a las diferentes capas de información de datos independientes así como ejecutar modelos sobre la paleobiogeografía de Patagonia y Península Antártica para la era Cenozoica.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Localidad	das estrati	N	E	Clasificación	Familia	Dataci	recol	Recolector	Determina	Texto	Imagen
Orden descendente		meseta	64°15'	56°40'	<i>Araucarioxylon puzosii</i>	Araucariaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Gothan, 1908	a Seymour, Formac	imagen 1
(Todas)		meseta	64°15'	56°40'	<i>Araucarioxylon novaezelandiae</i>	Araucariaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Stopes, 1914	a Seymour, Formac	imagen 2
(Diez mejores...)		meseta	64°15'	56°40'	<i>Araucarioxylon seymourense</i>	Araucariaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	s fósiles de la isla Seymour, Formac		imagen 3
(Personalizar...)		meseta	64°15'	56°40'	<i>Araucarioxylon seymourense</i>	Cupressaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	s fósiles de la isla Seymour, Formac		imagen 4
Cerro Dorotea		meseta	64°15'	56°40'	<i>Nothofagaxylon antarcticum</i>	Podocarpaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Gothan, 1908	a Seymour, Formac	imagen 5
Cerro Dorotea, Ultima		meseta	64°15'	56°40'	<i>Araucarioxylon scalare</i>	Nothofagaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Gothan, 1908	a Seymour, Formac	imagen 6
Cerro Part, Pta. Aren		Arotows	62°20'	58°29'	<i>Nothofagaxylon antarcticum</i>	Podocarpaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	Gothan, 1908	ormación Caleta Ar	imagen 7
Cross Valley, Isla Sey												
Isla James Ross												
Isla Rey Jorge												
Isla Rey Jorge, Bahía												
Isla Rey Jorge, Glacia												
Isla Rey Jorge, penins												
Isla Seymour												
Isla Tierra del Fuego												
Lago Viedma, Santa C												
Río Las Minas, Punta												
Santa cruz												
Ultima esperanza												
17	Isla Seymour	Fm. La m										
18	Isla Seymour	Fm. La m										
19	Jorge, península Keller											

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Localid	das estrati	N	E	Clasificación	Familia	Dataci	recol	Recolector	Determina	Texto	Imagen
(Todas)												
(Diez mejores...)												
(Personalizar...)												
1	Isla Seymour	Fm. La meseta	64°15'			Araucariaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Gothan, 1908	a Seymour, Formac	imagen 1
2	Isla Seymour	Fm. La meseta	64°15'			Araucariaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Stopes, 1914	a Seymour, Formac	imagen 2
3	Isla Seymour	Fm. La meseta	64°15'			Araucariaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	s fósiles de la isla Seymour, Formac		imagen 3
4	Isla Seymour	Fm. La meseta	64°15'			Araucarioxylon harani	Cupressaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	s fósiles de la isla Seymour, Formac	imagen 4
5	Isla Seymour	Fm. La meseta	64°15'			Araucarioxylon kelleri	Podocarpaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
6	Isla Seymour	Fm. La meseta	64°15'			Araucarioxylon novae	Nothofagaceae	Eoceno	1987	S. Marensi	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
7	Isla Seymour	Fm. La meseta	64°15'			Araucarioxylon pichas	Podocarpaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	Gothan, 1908	ormación Caleta Ar
8	Jorge, Bahía Alm. Caleta Arotows	62°20'				Araucarioxylon pseud	Podocarpaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	Gothan, 1908	ormación Caleta Ar
9	Jorge, Bahía Alm. Caleta Arotows	62°20'				Araucarioxylon seymc	Araucariaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	N. D.	ormación Caleta Ar
10	Jorge, Bahía Alm. Caleta Arotows	62°20'				Araucarioxylon sp. 1	Araucariaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	Kraus	ormación Caleta Ar
11	Jorge, Bahía Alm. Caleta Arotows	62°20'				Araucarioxylon sp. 2	Araucariaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	Kraus	ormación Caleta Ar
12	Jorge, Bahía Alm. Caleta Arotows	62°20'				Araucarioxylon kelleri	Nothofagaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	Gothan, 1908	ormación Caleta Ar
13	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			Atherospermoxylon b	Nothofagaceae	oceno inferic	1984-1985	a Torres e Yves Lem	Gothan	ormación Caleta Ar
14	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			Caldcluvioxylon propa	Araucariaceae	Paleogeno	1983	N. D.	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
15	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			Cupressinoxylon collir	Podocarpaceae	Paleogeno	1983	N. D.	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
16	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			Cupressinoxylon pare	Nothofagaceae	Paleogeno	1983	N. D.	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
17	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			Cupressinoxylon seyn	Nothofagaceae	Paleogeno	1983	N. D.	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
18	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			Doroteoxylon vicente	Lauraceae	Paleogeno	1983	N. D.	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
19	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			<i>Laurinoxylon sp.</i>	Lauraceae	Paleogeno	1983	N. D.	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
18	Isla Seymour	Fm. La meseta	62°20'			<i>Podocarpxylon sp.</i>	Podocarpaceae	Paleogeno	1983	N. D.	Gothan, 1908	a Seymour, Formac
19	Jorge, península Keller					<i>Araucarioxylon kelleri</i>	Araucariaceae	Paleogeno	1983	N. D.	ucas y Lacey, 19	a Seymour, Formac

Fig. 1. Ejemplo de la Base de Datos Paleobotánica del proyecto Anillo en Ciencia Antártica ART-04 PBCT.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Conclusiones

Es importante que se realice una actualización del soporte tecnológico de los datos que se han publicado en los estudios paleobotánicos en décadas anteriores, ya que de esta manera sus resultados se mantendrán disponibles y utilizables en investigaciones futuras.

La creación de una base de datos de paleobotánica, inédita por ahora en el país, facilitará la integración de los datos asociados a ella con registros y resultados obtenidos en otras investigaciones y regiones, además de permitir un procesamiento más rápido y exacto de los datos, traduciéndose en información de fácil acceso y manejo.

Además de facilitar el tratamiento de los datos, la asociación con un SIG optimiza los resultados cuando se utiliza para representar la paleobiogeografía de la vegetación, debido a las amplias ventajas que presentan estos sistemas a la hora de modelar y/o representar espacial y temporalmente los registros fósiles.

Agradecimiento

Anillo en Ciencia Antártica ART-04 PBCT.

ÁREA DE PATRIMONIO DE 'SNIT' Y FORMULACIÓN DE ESTÁNDARES PARA EL REGISTRO DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

Alfonso Rubilar R.¹; David Rubilar-Rogers²; F. Amaro Mourgues O.¹

¹Servicio Nacional de Geología y Minería, arubilar@sernageomin.cl, amourgues@sernageomin.cl.

²Museo Nacional de Historia Natural, drubilar@mnhn.cl

Introducción

El Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT) es un mecanismo interinstitucional permanente orientado a la gestión de información territorial pública en el país, integrado por las instituciones del Estado generadoras y usuarias de dicha información. Fue institucionalizado por medio del Decreto Supremo No. 28 (10 de marzo de 2006) del Ministerio de Bienes Nacionales, y se inserta en el programa de Reforma y Modernización del Estado que busca maximizar el avance que implica el uso de las tecnologías de la información en el campo de la Gestión de Información Territorial.

Lo componen un Consejo de Ministros de la Información Territorial y una Secretaría Ejecutiva, dependiente del Ministerio de Bienes Nacionales, responsable de la coordinación operativa de este Sistema. El Consejo de Ministros está integrado por el Ministerio de Bienes Nacionales (que lo preside), de Interior, de Relaciones Exteriores, de Defensa Nacional, de Hacienda, de Economía, de Planificación, de Educación, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, y de Agricultura.

Las instancias mediante las cuales participan y se coordinan las instituciones que forman parte de la Administración Ejecutiva del Estado consisten hasta el momento en ocho 'Áreas Temáticas'. Una de éstas es la de Patrimonio, cuyo funcionamiento es responsabilidad del Ministerio de Educación.

El Área de Patrimonio de SNIT comenzó a operar a principios del año 2002, bajo la coordinación de la Dirección de Bibliotecas Archivos y Museos (DIBAM), a través del Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR). Fue subdividida en cuatro subáreas: Patrimonio Arqueológico, Patrimonio Inmueble, Patrimonio Inmaterial y Patrimonio Natural.

Los paleontólogos del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y del Museo Nacional de Historia Natural han participado en forma regular en la subárea de Patrimonio Natural a partir del año 2005 y 2008, respectivamente. En fecha reciente se ha propuesto abordar las diferentes temáticas incluidas en esta subárea en comisiones separadas, considerando los ámbitos de especialización involucrados: patrimonio paleontológico, patrimonio geológico y patrimonio biológico (o neontológico). Además de permitir avanzar en los objetivos propuestos por SNIT, esta división operativa refleja diferencias respecto a la naturaleza de los bienes o componentes patrimoniales reconocidos en paleontología, geología y biología, y en los respectivos criterios de significación o valoración de tales bienes.

Estándares para el registro básico del patrimonio paleontológico

En lo que respecta al patrimonio paleontológico, las actividades realizadas se han centrado en el establecimiento de los estándares principales y datos mínimos para el registro del patrimonio paleontológico. Con estos se espera contar con un sistema unificado de registro, que permita proporcionar información básica tanto para la gestión de la institución que genera y/o administra los datos como para distintos usuarios. Asociado a lo anterior, se debe elaborar un manual (y glosario) que otorgue un conocimiento técnico del tema y facilite la incorporación de nueva información.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Prototipos de estándares

I. Identificación

- Nombre. Punto o Localidad fosilífera (localización geográfica general).
- Otros nombres.

II. Localización

- Región.
- Provincia.
- Comuna o localidad.
- Fuente de la localización. Registro en terreno (nombre, institución, fecha); referencia bibliográfica; fuente inédita.
- Vía de acceso. Ruta pavimentada; camino consolidado (ripió); senda.
- Coordenadas UTM.
- Datum.
- Coordenadas geográficas. Latitud; longitud.
- Huso.
- Tipo de información geográfica. Punto; línea; polígono.

III. Caracterización geológica

- Localización. Afloramiento (en superficie); subsuelo (sondaje).
- Hoja Geológica.
- Unidad litoestratigráfica. Formación; Miembro; otros.
- Tipo de roca. Lutitas; calizas; areniscas; conglomerados; brechas; otras.
- Envergadura de niveles fosilíferos. Centímetros; metros.
- Envergadura temporal. Edad; Época; Período; Era.
- Paleoambiente. Continental; transicional; marino; etc.

IV. Caracterización paleontológica

- Abundancia relativa de fósiles (potencialidad fosilífera). Escasos; abundantes; muy abundantes.
- Tipos de fósiles (diversidad paleontológica). Microfósiles (polen, restos esqueletarios); paleobotánica (e.g., hojas, troncos); paleoinvertebrados (e.g., caparazones, conchillas, restos esqueletarios); paleovertebrados (e.g., esqueletos, caparazones, huesos, dientes); paleoicnitas y otras evidencias (huellas, pisadas, excavaciones, perforaciones, nidos, coprolitos, gastrolitos).
- Características tafonómicas (por estrato; para el conjunto de capas). Ejemplares completos o incompletos; restos esqueléticos o moldes; en posición de vida o con variable grado de retrabajo; taxones aislados o en asociación (población; comunidad).
- Característica del registro. Primer registro para el área o tiempo; hallazgo adicional (taxones y/o localidad ya conocidos); localidad y/o estrato tipo.

V. Estudios paleontológicos

- Estudios científicos. Referencia bibliográfica (autor, año, título, revista, volumen, páginas).
- Prospecciones o excavaciones. Fecha de autorización; investigador responsable; institución; identificación del proyecto.
- Localización de colección científica de referencia (repositorio). Universidad; museo; otros.

VI. Caracterización geomorfológica y ambiental

- Descripción geomorfológica del afloramiento. Ladera; quebrada; valle; cerro.
- Nivel de exposición. Descubierta; cubierta en forma parcial (por vegetación; derrumbe; obra civil); muy cubierta (por vegetación; derrumbe; obra civil); meteorizado.
- Cuenca hidrográfica.
- Tipo de vegetación del entorno. Nativa o cultivada; caracterización.
- Tipo de fauna del entorno. Nativa o introducida; caracterización.
- Otros descriptores ambientales y territoriales relevantes del entorno. Cualidades paisajísticas.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

VII. Valoración patrimonial

- Significación o relevancia. Científica (tipos de fósiles y diversidad; edad; localidad tipo; tafonómico; bioestratigráfico; asociación con restos arqueológicos); sociocultural (localización y extensión; didáctico; turístico; valor histórico); socioeconómica (valores urbanístico o minero, obras públicas).
- Nivel de protección. Con declaratoria oficial (decreto; fecha); sin declaratoria oficial.

VIII. Conservación y medidas de mitigación

- Estado de conservación. Bueno (mantiene sus características y valores); regular (integridad afectada por deterioro incipiente); malo (grave deterioro, con pérdida de sus características y valores); denuncia de intervención (fecha; procedimiento); sin información.
- Impacto o transformaciones detectadas. Recolectores y/o coleccionistas aficionados; obras de vialidad; cubiertos o enterrados por escombros; explotación para la extracción de rocas o minerales; erosión por procesos naturales.
- Medidas de mitigación. Realizadas; propuestas.

IX. Datos del registro

- Responsable del registro en la base de datos. Nombre; institución.
- Fecha de ingreso del registro en la base de datos de SNIT.

Tareas, procedimientos y perspectivas

Se definió como plazo el 2009 para entregar una versión avanzada de los estándares para el registro descriptivo de este patrimonio.

Se deben precisar, para los campos mencionados, aspectos tales como: tipo de dato (texto; numérico; alfanumérico; categorías predeterminadas; presencia/ausencia), carácter del dato (obligatorio; opcional), breve descripción y ejemplos.

Para contar con una versión final de estos estándares, y del manual asociado, se procederá a consultar la opinión a diferentes especialistas nacionales en Paleontología. A continuación, se debería proponer un plazo de aplicación y corrección antes de ser convertidos en estándares definitivos.

Entre los temas a analizar por el conjunto de la comunidad paleontológica se encuentra el nivel de restricción que debería tener el acceso a la información paleontológica por parte de los diferentes usuarios, y así cautelar la protección de localidades con un registro fósil significativo (e.g., por la cantidad u óptima preservación de los restos allí presentes).

En el futuro se deberá evaluar la conveniencia de emplear estos estándares en la actualización de las bases de datos paleontológicas o fichas de registros que manejan diferentes instituciones públicas.

Agradecimientos

Bernardita Ladrón de Guevara (DIBAM, CNCR), encargada del Área de Patrimonio de SNIT, aportó información acerca de los prototipos de estándares en Arqueología. Marcos Rauch (CONAF) y Gabriel Carrasco facilitaron formularios que ellos han propuesto para el registro del patrimonio cultural (en su conjunto) o del paleontológico, respectivamente.

PALEONTOLOGÍA DE INVERTEBRADOS

EL ORDEN TRIGONIOIDA DALL (MOLLUSCA; BIVALVIA) EN EL MESOZOICO DE CHILE

Ernesto Pérez d'A.¹; Renato Reyes B.²

¹Diego de Deza 1111, Depto. 302, Las Condes. ²Diego Portales 936, Depto. 6, Viña del Mar

Introducción

El Orden Trigonioida Dall, 1889, tiene sus primeros representantes a nivel mundial en el Ordovícico (?) o Silúrico. Este grupo de bivalvos marinos alcanzó relevancia en el Mesozoico, Era donde demuestran poseer una gran fuerza evolutiva y capacidad de radiación en algunos momentos de su historia. A pesar de haber sido considerados extinguidos desde el final del Mesozoico, en 1802 se encontraron especímenes vivientes (*Neotrigonia*) en Australia, descubriéndose luego ejemplares fósiles únicamente en el Cenozoico (*Eotrigonia*) de la misma región. Algunas de las especies actuales viven en aguas que varían entre 70 a más de 100 m de profundidad. En cambio, los trigonioideos fósiles proliferaron en aguas someras, cuya profundidad no superaba los 10 a 15 m (Stanley, 1977). Fueron parte de la infauna bentónica, excavadores superficiales, semienterrados en fondos arenoso lodosos de la mayor parte de los mares someros cálidos durante el Mesozoico. Son considerados indicadores de líneas de costa (Fuenzalida, 1964). Poseen una concha provista de una sorprendente variedad ornamental (con costas concéntricas, oblicuas o en 'V', radiales en algunas especies o con nodos y/o tubérculos). Se caracterizan por tener una charnela esquizodonta, que no ha variado significativamente en el tiempo. A nivel mundial se han propuesto más de 119 géneros y subgéneros, de los cuales alrededor de 35 han sido reconocidos en Chile.

El orden Trigonioidea Dall tiene un primer intento de clasificación en Agassiz (1840), quien distinguió sólo un género, *Trigonia* Bruguière con múltiples especies, a las que agrupó en siete secciones. Las especies, la mayoría de su autoría, las asignó al Jurásico y Cretácico. J. Lycett, E. Bayle y H. Coquand, G. Steinmann, W. Möricke, A. d'Orbigny, L. Hupé y R. Philippi, en el siglo XIX, emplearon un sistema de clasificación similar. En cambio, en el primer tercio del siglo XX, van Hoepen (1929) desglosó el género *Trigonia* en nuevos géneros, los que incluyó en subfamilias. Numerosos autores continuaron aportando descripciones de géneros y especies nuevas, entre los que destacan C. Burckhardt, O. Wilckens, C. Crickmay, C. Lisson, J. Marwick, C. Weaver, W. Dietrich, J. Rennie, L. Lambert, A. Leanza, L. Cox, A. Saveliev, S. Skwarko y R. Levy. Mención especial merecen T. Kobayashi, S. Maeda, M. Nakano, quienes desarrollaron un constante estudio sistemático y filogenético de este grupo y aportaron un catastro de los géneros y especies conocidos a nivel mundial. Trabajos más recientes son, entre otros, los de N. Newell y D. Boyd, L. Saul, T. Poulton, H. Leanza, H. Camacho, C. Fleming, A. Francis, A. Hallam, S. Kelly y M. Cooper. Fue este último quien planteó, en 1991, un aspecto nuevo en la sistemática de los trigonioideos, al expresar su desacuerdo en seguir manteniendo en una familia única a un grupo tan diversificado. Con fundamentos filéticos, pero con un sentido práctico, propuso los subórdenes Trigoniina y Myophorellina para incluir las superfamilias Myophoriacea y Trigoniacea, en el primer suborden, y Myophorellacea y Megatrigoniacea, en el segundo. Debe concluirse, sin embargo, que la elaboración de una sistemática filogenética para este grupo permanece todavía pendiente. [Ver referencias de los trabajos de los autores citados anteriormente en: Reyes y Pérez, 1979; Leanza, 1993; Pérez *et al.* (2008)].

Esta contribución corresponde a una síntesis de los resultados del Proyecto de Investigación denominado 'Importancia cronoestratigráfica de las Trigonias de Chile', iniciado en 1976 por los presentes autores, con los auspicios de la Universidad de Chile, Departamento de Biología (ex Sede Valparaíso). Posteriormente, fue continuado en el ex

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) y en el actual Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). El objetivo de dicho proyecto consistió en comprobar la proposición, formulada por Reyes y Pérez (1979b), según la cual los trigonioideos podrían ser útiles como marcadores biocronoestratigráficos (fósiles índices) del Mesozoico chileno, en ausencia de amonites. Dicha propuesta se basó en la relativa abundancia de este grupo de bivalvos en estratos de esa Era, en la aparente corta duración de las especies en el tiempo (evolución rápida) y, lo que es más importante, por su asociación y/o relación estratigráfica con fósiles índices (amonites). De verificarse estos supuestos, por lo menos parte de los taxones podrían constituir una herramienta confiable, a nivel local, en la asignación de líneas de tiempo, indispensables en la elaboración de la Carta Geológica del país. Esta investigación se ha extendido hasta el año 2008, aunque no necesariamente en forma continuada. Los resultados alcanzados han sido dados a conocer desde el año 1977 en monografías, artículos en revistas especializadas y en Congresos, principalmente geológicos, completando un total de 32 contribuciones. Parte de ellas corresponden a Pérez y Reyes (1977, 1978 a, b, 1980, 1983 a, b, 1985, 1986, 1989 a, b, 1994, 1996), Pérez *et al.* (1995, 2008), Reyes y Pérez (1979 a, b, 1980, 1982, 1984, 1985). En dichas publicaciones, se propusieron especies, géneros y subgéneros, familias y subfamilias nuevas para el Mesozoico de Chile y taxones en nomenclatura abierta, los que se mencionan a continuación, con sus correspondientes asignaciones de edad avaladas por su asociación con amonites.

Taxones propuestos

Triásico

Maoritrigonia sparsicostata Pérez y Reyes, 1994. Nórico-Rético.

Maoritrigonia mollesensis Pérez y Reyes, 1994. Nórico superior-Rético.

Jurásico

Quadratojaworskiella acarinata Pérez y Reyes, 2008. Hettangiano medio a superior; Sinemuriano superior.

Prosogyrotrigonia tenuis Pérez y Reyes, 2008. Hettangiano superior

Prosogyrotrigonia sp.3 Pérez y Reyes, 2008. Hettangiano superior o Sinemuriano inferior

Prosogyrotrigonia sp.1 Pérez y Reyes, 2008. Sinemuriano inferior?

Groeberella sp. Pérez, Reyes y Damborenea, 1995. Sinemuriano inferior

?*Trigonoidea* indet. Pérez y Reyes, 2008. Sinemuriano superior

Myophorella (M.) sp. 2 Pérez y Reyes, 2008. Pliensbachiano superior

Jaworskiella sp. Pérez y Reyes, 2008. Sinemuriano superior.

Prosogyrotrigonia sp. 2 Pérez y Reyes, 2008. Sinemuriano superior

Psilotrigonia vegaensis Pérez y Reyes, 2008. Sinemuriano superior o Pliensbachiano inferior

Quadratojaworskiella pustulata Reyes y Pérez, 1980. Pliensbachiano inferior a superior

Vaugonia sp. 2 Pérez y Reyes, 2008. Pliensbachiano superior

Vaugonia hectorleanzai Pérez y Reyes, 2008. Toarciano inferior

Vaugonia sp. 1 Pérez y Reyes, 2008. Toarciano inferior; Toarciano medio

Scaphorella susanae Pérez y Reyes, 2008. Toarciano superior

Myophorella (M.) reginae Pérez y Reyes, 2008. Toarciano medio; Toarciano superior

Neuquenitrigonia plazaensis Pérez y Reyes, 2008. Toarciano medio

Myophorella (M.) bolitoensis Pérez y Reyes, 2008. Aaleniano inferior

Myophorella (M.) sp. 1 Pérez y Reyes, 2008. Aaleniano inferior

Vaugonia (V.) fuenzalidai Reyes y Pérez, 1984. Bathoniano superior (?)-Caloviano inferior

Vaugonia (V.) lissocostata Reyes y Pérez, 1984. Bathoniano superior(?)-Caloviano inferior

Linotrigonia (Oistotrigonia?) chongi Pérez y Reyes, 1985. Kimmeridgiano

Paranditrigonia potrerillensis Pérez y Reyes, 1983. Titoniano superior-Berriasiano basal

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Cretácico Inferior

Syrotrigonia chilensis Pérez y Reyes, 1986. Neocomiano
Syrotrigonia biroi Pérez y Reyes, 1986. Neocomiano
Myophorella (Promyophorella) hillebrandti Reyes y Pérez, 1985. Neocomiano
Iotrigonia stowi aisenensis Reyes, 1970. Valanginiano-Hauteriviano
Paulckella taverai Pérez y Reyes, 1989. Hauteriviano-Aptiano
Syrotrigonia obesa Pérez y Reyes, 1997. Hauteriviano superior-Aptiano
Paulckella covacevichi Pérez y Reyes, 1989. Albiano inferior

Cretácico Superior

Neobuchotrigonia topocalmensis (Pérez y Reyes, 1980). Campaniano-Maastrichtiano

Géneros y subgéneros

Quadratojaworskiella Reyes y Pérez, 1980. Hettangiano-Pliensbachiano
Paranditrigonia Pérez y Reyes, 1983. Titoniano superior- Berriasiano basal
Scaphorella Leanza, Pérez y Reyes, 1987. Bajociano-Caloviano inferior temprano
Paulckella Cooper, Pérez y Reyes, 1989. Hauteriviano-Aptiano
Neobuchotrigonia Pérez y Reyes, 1996. Santoniano (superior?)-Maastrichtiano inferior

Familias y subfamilias

Groeberellidae Pérez, Reyes y Damborenea, 1995. Jurásico Inferior-Medio
Syrotrigoniinae Pérez y Reyes, 1997. Titoniano superior-Albiano inferior

Historia paleobiogeográfica

El conjunto de trigonioideos mesozoicos reconocidos en Chile (no se han encontrado en el Cenozoico) comprende, hasta el momento, 106 especies incluidas en 35 géneros y subgéneros, y alrededor de 10 taxones en nomenclatura abierta. Estas especies están representadas desde el Triásico Medio (Anisiano) hasta el Cretácico Superior (Maastrichtiano). El registro es prácticamente continuo en el Triásico, Jurásico y Cretácico, pero no existe, hasta ahora, información de trigonioideos en los pisos Ladiniano-Cárnico, Bathoniano, Oxfordiano (información insegura) y Cenomaniano-Santoniano.

Triásico. Tienen desarrollo moderado, y con un solo taxón en el Anisiano (*Trigonia tabacoensis* Barthel; Fig. 1) que sería el miembro más antiguo a nivel mundial, aunque el género *Trigonia* ha sido citado (pero sin descripción de especies) para ese piso en Nueva Zelanda. En el Triásico Superior predominan los géneros del Asia Pacífico, pero también se desarrollan taxones endémicos: *Perugonia* (Perú, Colombia, Chile).

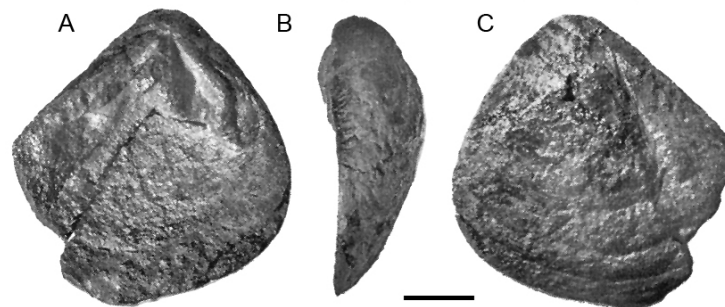


Fig. 1. *Trigonia tabacoensis* Barthel, valva izquierda, A- vista interna, B- vista anterior, C- vista externa. Tomado de Barthel (1958). Escala = 1 cm.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Jurásico Inferior. Son escasos en el Hettangiano y, en general, tuvieron un carácter cosmopolita en el resto de los pisos, con especies que emigraron a través del Tethys. Sólo *Quadratojaworskiella* es considerado endémico para Chile.

Jurásico Medio. Una parte de los géneros liásicos se extinguió, presentándose muy disminuidos. Conservan su carácter cosmopolita, distinguiéndose *Neuquenitrigonia* como endémico de Chile y Argentina.

Jurásico Superior. En el Kimmeridgiano tienen escaso desarrollo, pero en el Titoniano experimentan un brusco incremento los géneros indoafricanos. Se desarrollan tres géneros hasta ahora endémicos: *Virgotrigonia* (Perú, Argentina y Chile), *Antutrigonia* (Argentina y Chile) y *Paranditrigonia* (Chile).

Cretácico Inferior. Los trigonioideos tienen su mayor desarrollo y mayor diversidad en esta Época, en Chile y Argentina. Perduran varios géneros titonianos y se incorporan otros del Tethys, India y Nueva Zelanda. Se manifiesta un predominio de géneros indoafricanos sobre los cosmopolitas y del Tethys. Se reconoce un género endémico, *Paulckella* (Chile).

Cretácico Superior. Se aprecia una gran declinación del grupo, que se extingue a fines del Maastrichtiano en la mayor parte del mundo. Perduran varios géneros de la Época anterior. Tienen una clara influencia austral. '*Pterotrigonia*' *cazadoriana* Wilckens es una especie endémica (Chile y Argentina).

Trigonioideos con valor cronoestratigráfico

Los estudios realizados por los presentes autores han confirmado el valor cronoestratigráfico de los trigonioideos del Mesozoico de Chile, lo cual ha permitido postular como especies índices a los taxones que se mencionan a continuación.

Triásico. *Trigonia tabacoensis* Barthel [Anisiano; Fig. 1], *Perugonia lissoni* (Steinmann) [Nórico o Rético].

Jurásico. *Prosogyrotrigonia tenuis* Pérez y Reyes. [Hettangiano]; *Frenguelliella poultoni* Leanza [Sinemuriano]; *Quadratojaworskiella pustulata* Reyes y Pérez, *Myophorella araucana* Leanza [Pliensbachiano]; *Neuquenicerias plazaensis* Pérez y Reyes [Toarciano]; *Myophorella (M.) bolitoensis* Pérez y Reyes [Aaleniano]; *M. (M.) signata* Agassiz. [Bajociano]; *Trigonia ex gr. costata* Sowerby [Caloviano]; *Linotrigonia (Oistotrigonia?) chongi* Pérez y Reyes [Kimmeridgiano]; *Anditrigonia eximia* (Philippi), *A. discors* (Philippi) [Titoniano].

Cretácico Inferior. *Paranditrigonia potrerillensis* Reyes y Pérez, *Virgotrigonia hugoi* Leanza [Titoniano superior-Berriasiano basal]; *Myophorella (Promyophorella) hillebrandti* Reyes y Pérez, *Syrotrigonia chilensis* Pérez y Reyes, *S. biroi* Pérez y Reyes, *S. obesa* Pérez y Reyes [Neocomiano]; *Iotrigonia stowi* (Kitchin) [Valanginiano-Hauteriviano]; *Trigonia aliexpandita* Leanza y Garate [Hauteriviano]; *Paulckella covacevichi* Pérez y Reyes, *P. nepos* Paulcke [Albiano inferior].

Cretácico Superior. *Pacitrigonia hanetiana* (d'Orbigny), *P. (P.) windhauseniana* (Wilckens), '*Pterotrigonia*' *cazadoriana* (Wilckens) [Campaniano-Maastrichtiano].

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Agradecimientos

El proyecto de investigación 'Importancia cronoestratigráfica de las Trigonias de Chile' contó con el apoyo de la Subdirección Nacional de Geología (SERNAGEOMIN) entre los años 1976 y 2008. El paleontólogo F. A. Mourgues, de esta última institución, colaboró en la preparación de la figura 1.

Referencias

- Agassiz, L. 1840. Études critiques sur les mollusques fossiles. Mémoire sur les Trigonies. Solothurn: 58 p. Neuchâtel.
- Barthel, K.W. 1958. Eine marine faunula aus der mittleren Trias von Chile. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 106: 352-382.
- Cooper, M.R. 1991. Lower Cretaceous Trigonioida (Mollusca, Bivalvia) from the Algoa Basin, with a revised classification of this order. Annals of the South African Museum 100: 1-52.
- Cooper, M.R.; Pérez, E.; Reyes, R. 1989. The systematic position of *Trigonia nepos* Paulcke, 1903, and *Paulckella*, a new genus for the Aptian of Chile. Revista Geológica de Chile 16 (1): 51-59.
- Dall, W.H. 1889. On the hinge of the pelecypods and its development, with an attempt toward a better subdivision of the group. American Journal of Science 38 (3): 445-462.
- Fuenzalida, H. 1964. El Geosinclinal Andino y el Geosinclinal de Magallanes. Universidad de Chile, Escuela de Geología (5): 27 p.
- Hoepen, E.C.N. van. 1929. Die Kryptofauna van Soeloeland. I. Trigoniidae. Paleontologiese Navorsing van Die Nasionale Museum van Bloemfontein 1 (1): 1-38.
- Leanza, H.A. 1993. Jurassic and Cretaceous Trigoniid bivalves from west-central Argentina. Bulletins of American Paleontology 105 (343): 95 p.
- Leanza, H.A.; Pérez, E.; Reyes, R. 1987. *Scaphorella*, un nuevo género de Trigoniidae (Bivalvia) del Jurásico Medio de Argentina, Chile y Estados Unidos de América. Ameghiniana 24 (1-2): 81-88.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1977. Las trigonias jurásicas de Chile y su valor cronoestratigráfico. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, Boletín (30): 58 p.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1978a. Las trigonias del Titoniano y Cretácico Inferior de la cuenca andina de Chile y su valor cronoestratigráfico. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, Boletín (32): 105 p.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1978b. Las trigonias del Cretácico Superior de Chile y su valor cronoestratigráfico. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, Boletín (34): 105 p.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1980. *Buchotrigonia (Buchotrigonia) topocalmensis* sp. nov. (Trigoniidae; Bivalvia) del Cretácico Superior de Chile. Revista Geológica de Chile (9): 37-55.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1983a. *Paranditrigonia*, subgénero nuevo de *Anditrigonia* Levy (Mollusca; Bivalvia). Revista Geológica de Chile (19-20): 57-79.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1983b. Las especies del género *Anditrigonia* Levy, 1967, en la Colección Philippi. Revista Geológica de Chile 18: 15-41.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1985. Presencia de *Linotrigonia* van Hoepen (Bivalvia; Trigoniidae) en el Kimmeridgiano del norte de Chile. Revista Geológica de Chile (25-26): 135-143.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1986. Presencia de *Buchotrigonia (Syrotrigonia)* Cox, 1952 (Bivalvia; Trigoniidae) en Sudamérica y descripción de dos nuevas especies. Revista Geológica de Chile (28-29): 77-93.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1989a. Dos nuevas especies del género *Paulckella* Cooper *et al.*, 1989 (Bivalvia; Trigoniidae) del Cretácico Inferior, norte de Chile. Revista Geológica de Chile 16 (2): 217-227.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1989b. Catálogo analítico de los tipos de Trigoniidae (Mollusca; Bivalvia) descritos por R.A. Philippi. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, Boletín (41): 52 p.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1994. Presencia de *Maoritrigonia* Fleming, 1962 (Bivalvia; Minetrigoniidae) en el Triásico Superior de Sudamérica: descripción de dos nuevas especies. Revista Geológica de Chile 21 (1): 105-117.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1996. *Neobuchotrigonia* gen. nov. y *Buchotrigonia* Dietrich (Bivalvia; Trigoniidae) en el Senoniano de Sudamérica. Revista Geológica de Chile 23 (2): 201-215.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Pérez, E.; Reyes, R. 1997. Interpretación taxonómica de los buchotrigónidos (Bivalvia, Trigonioida) y descripción de una nueva especie de *Syrotrigonia* del Cretácico Inferior de Chile. *Revista Geológica de Chile* 24 (2): 245-257.
- Pérez, E.; Reyes, R.; Damborenea, S.E. 1995. El género *Groeberella* Leanza, 1993 y *Groeberellidae* nov. (Bivalvia; Trigonioida) del Jurásico de Chile y Argentina. *Revista Geológica de Chile* 22 (2):143-157.
- Pérez, E.; Aberhan, M.; Reyes, R.; Hillebrandt, A. von. 2008. Early Jurassic Bivalvia of northern Chile. Part III. Order Trigonioida. *Beringeria* (39): 51-102.
- Reyes, R. 1970. La fauna de Trigonias de Aisén. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, Boletín (26): 31 p.
- Reyes, R.; Pérez, E. 1979a. Las trigonias del Titoniano y Cretácico Inferior de la cuenca andina de Chile y su valor cronoestratigráfico. Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile (32): 105 p.
- Reyes, R.; Pérez, E. 1979b. Estado actual del conocimiento de la Familia Trigoniidae (Mollusca; Bivalvia) en Chile. *Revista Geológica de Chile* (8): 13-64.
- Reyes, R.; Pérez, E. 1980. *Quadratojaworskiella* nov., a Liassic subgenus of Trigoniidae from Chile. *Pacific Geology* 14: p. 87-93.
- Reyes, R.; Pérez, E. 1982. El género *Anditrigonia* Levy, 1967 (Mollusca; Bivalvia) en Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 3, Actas 1: 411-443.
- Reyes, R.; Pérez, E. 1984. Dos nuevas especies del género *Vaugonia* Crickmay, 1930 (Bivalvia; Trigoniidae) del Bathoniano superior(?)-Caloviano inferior, norte de Chile. *Revista Geológica de Chile* (22): 35-47.
- Reyes, R.; Pérez, E. 1985. *Myophorella* (*Myophorella*) *hillebrandti* sp. nov. (Trigoniidae; Bivalvia) del Neocomiano, norte de Chile. *Revista Geológica de Chile* (24): 93-101.
- Stanley, S.M. 1977. Coadaptation in the Trigoniidae, a remarkable family of burrowing bivalves. *Palaeontology* 20 (4): 869-899.

LAS OSTRAS FÓSILES DEL MESOZOICO EN CHILE

Alfonso Rubilar R.

Servicio Nacional de Geología y Minería, arubilar@sernageomin.cl

Introducción

El registro estratigráfico de las ostras (Clase Bivalvia, Orden Pterioidea, Superfamilia Ostreoidea) se extiende desde el Triásico Superior (Stenzel, 1971), y los miembros de este grupo ocuparon rápidamente todos los mares a excepción de los polares. Sin embargo, su origen y las relaciones filogenéticas de las familias que lo integran (Gryphaeidae, Palaeolophidae y Ostreidae) siguen siendo poco claras (e.g., Malchus, 2008).

Se caracterizan por estar fijadas a un substrato duro al menos en una fase temprana del estadio postlarval, utilizando la valva izquierda. Además, conservan sólo el músculo aductor posterior. Por otra parte, muchos taxones tienen conchillas gruesas compuestas de calcita, lo que les otorga un buen potencial de preservación.

Se trata de organismos ampliamente distribuidos en ambientes marinos de 'nearshore', aunque se conocen especies de mar abierto o de plataforma externa. Muchas especies han sido capaces de tolerar situaciones de estrés ambiental (e.g., cambios de temperatura) y de colonizar en forma temprana ambientes nuevos. En la mayoría de los taxones del Jurásico Medio aquí mencionados los adultos tenían un modo de vida libre, yaciendo recostados sobre un substrato blando y estabilizados por el peso y/o presencia de estructuras morfológicas de la valva izquierda (Fig. 1).

Las ostras generalmente presentan un notable grado de variabilidad morfológica, la que ha sido relacionada con un modo de vida gregario, un ambiente saturado, heterogéneo o donde predominan substratos duros. Esta influencia del hábitat puede llevar a que diferentes especies exhiban una notable similitud en la morfología de la valva izquierda, principal elemento de clasificación. Su estudio involucra, por lo tanto, el análisis de los posibles rasgos ecomórficos y xenomórficos de las conchillas, así como de las facies sedimentarias donde están presentes.

Estos bivalvos están entre los fósiles más frecuentes y característicos en las sucesiones sedimentarias marinas del Mesozoico en Chile. Su conocimiento comenzó en el país con el estudio por parte de Forbes (1846) de los ejemplares recolectados por Charles Darwin en la zona de Copiapó. Otras contribuciones tempranas (centradas en especial en ejemplares del Jurásico Inferior y Medio) son las de Bayle y Coquand (1851), Burmeister y Giebel (1861), Hupé (1854), Möricke (1894) y Philippi (1899). A fines del siglo XIX, su registro consistía en alrededor de 27 taxones descritos por primera vez en el país (21 por Philippi) y 16 relacionados con especies europeas. Las contribuciones posteriores han incrementado esta diversidad con representantes del Triásico superior y de otras épocas del Mesozoico (ver referencias en Rubilar, 2000, 2003).

Este trabajo entrega una síntesis preliminar de las ostras del Triásico superior-Cretácico Inferior presentes en Chile, considerando aspectos taxonómicos, bioestratigráficos y/o paleobiogeográficos publicados o en gran medida inéditos.

Respecto a los taxones descritos en el país, se han excluido ocho (*¿nomina dubia?*) por estar basados en ilustraciones o materiales que carecen de caracteres diagnósticos ('*Ostrea*' *oblonga* in Hupé, 1854; '*O.*' *pulla*, '*O.*' *stolpi*, '*O.*' *striata*, '*O.*' *palaris*, '*Gryphaea regularis*', *G. trisulcata* y '*Exogyra*' *scaphidium* in Philippi, 1899). Otros tres nombres están representados por ejemplares que no corresponderían a ostras ('*O.*' *rotunda*, '*O.*' *crassa* y '*E.*' *palumbus* in Philippi, 1899). Por otra parte, Philippi (1899) identificó como '*Ostrea*' *pugae* ejemplares provenientes de la 'parte oriental de los Andes de Chillán' (VIII Región), los que tienen afinidad con ostras del Cretácico Superior de

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Argentina. Es probable que no hayan sido recolectados en Chile, ya que en la localidad mencionada se desconocen unidades sedimentarias de dicha edad. (Lo mismo ocurriría con un ejemplar identificado por Philippi como '*Exogyra columba* Lamarck, que provendría de la zona de Baños del Flaco y que sin embargo es muy similar a ostras del Cretácico Superior de Europa).

Las ostras del Triásico Superior-Cretácico Inferior en Chile

Las especies presentes en Chile en alguna de estas épocas del Mesozoico pertenecen a los géneros *Gryphaea*, *Aetostreon*, *?Nanogyra*, *Amphidonte* (*Ceratostreon*), *?Palaeolopha*, *Actinostreon*, *Liostrea* y *Deltoideum*.

Triásico Superior (Nórico-Rético). Las localidades fosilíferas están situadas en especial en la Cordillera de Domeyko, al oeste del Salar Punta Negra (II Región) y al norte de El Salvador (III Región; e.g., Hayami *et al.*, 1977).

Estudios en curso han permitido identificar al menos seis especies de los géneros *Gryphaea* (4), *?Palaeolopha* (1) y *Liostrea* (1).

Se trataría del registro de ostras triásicas más diverso hasta ahora conocido en el sur del Panthalassa (Océano Pacífico primigenio), cuyo significado filogenético está en evaluación.

Jurásico Inferior. Las principales localidades fosilíferas con ostras se ubican al sureste de Antofagasta y entre el sureste de El Salvador y el sur de Vallenar (II y III regiones) (e.g., Aberhan, 1994).

Sobre la base del registro conocido así como de antecedentes inéditos, en esta época se pueden reconocer al menos 19 taxones: *Gryphaea darwinii* Forbes, *G.* aff. *cymbium* Lamarck, *G.* aff. *arcuata* Lamarck, *G.* aff. *regularis* Deshayes, *G.* aff. *gigantea* Sowerby, y siete especies de *Gryphaea* consideradas nuevas. *?Nanogyra* cf. *auricularis* (Münster). *Actinostreon longistriatum* (Jaworski), *A. costatum* (Sowerby), *A. solitarium* (Sowerby), *A.* aff. *gregareum* (Sowerby), y una especie de *Actinostreon* considerada nueva. *Liostrea* aff. *hisingeri* (Nilsson).

Las gryphaeas (12) fueron diversas en especial en el Sinemuriano, mientras que a partir del Pliensbachiano tuvo lugar un significativo recambio y disminución de especies. Desde el Toarciano se conocen representantes con estructuras u ornamentación radial gruesa y zona umbonal globosa. Estos pertenecerían no sólo a un género aún sin describir sino que a una subfamilia nueva (posiblemente originada a partir de *Gryphaea pictaviensis* Hébert; Toarciano Superior, sureste de Francia), cuyo mayor desarrollo tuvo lugar en el Jurásico Medio (Rubilar, 2006). Los *Actinostreon* (5) están presentes en especial en el Pliensbachiano, mientras que las *Liostrea* (1) parecen estar poco representadas en esta época en el país.

En Chile se encontrarían los primeros integrantes de la Subfamilia Exogyrinae entre el Sinemuriano superior y el Pliensbachiano superior, representados por *?Nanogyra* cf. *auricularis* (Münster), así como evidencias de su origen a partir de Gryphaeinae (Malchus y Aberhan, 1998).

Este último registro, así como el de taxones afines a *Gryphaea arcuata* Lamarck y *Liostrea hisingeri* (Nilsson), señalan que el Corredor Hispánico estuvo disponible como ruta de migración (entre el este del Pacífico y el oeste del Tethys) desde la base del Sinemuriano. Al menos en el Pliensbachiano dicha ruta habría sido utilizada por ostras del sur de Sudamérica similares a *Gryphaea regularis* Deshayes y *G. gigantea* Sowerby. Además, varias especies de *Actinostreon* que caracterizan el Jurásico Medio en Europa, África y Asia se habrían originado en el margen oeste de América del Sur y se

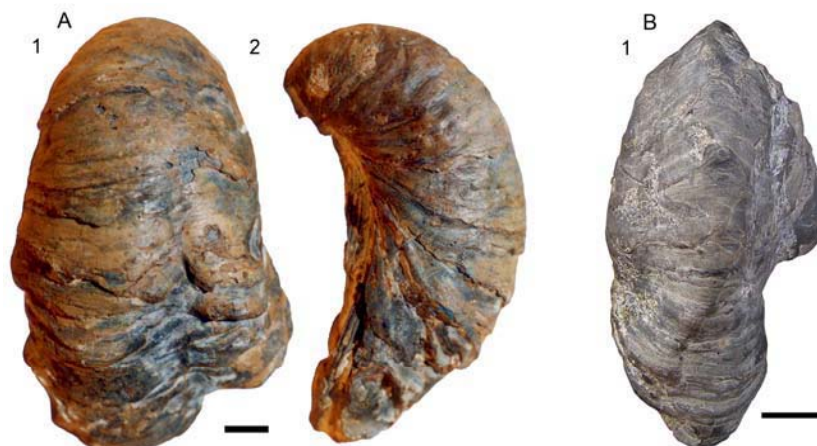


Fig. 1. Ostras características del Jurásico Inferior (A) y Jurásico Medio (B) en el sur de Sudamérica. A: SNGM 8360, *Gryphaea darwinii* Forbes. B: SNGM 8377, *G. oxytropis* Philippi. Valvas izquierdas, 1- vista externa, 2- vista anterior. Escala = 1 cm.

extendieron hacia las regiones del Tethys a fines del Pliensbachiano o comienzos del Toarciano (e.g., Rubilar, 2000).

La aparente notable disminución en la diversidad de *Gryphaea* (o su posible extinción, en especial en el Tethys) a partir del Toarciano puede ser vinculada con un evento de anoxia ocurrido a comienzos de dicha edad (e.g., Manceñido *et al.*, 2007).

Gryphaea darwinii Forbes (Fig. 1 A; Hettangiano superior-Sinemuriano, registrada en Chile entre el noreste de Copiapó y el norte de la Ligua, y en Argentina al sur de Mendoza) puede ser considerada como un fósil guía.

Jurásico Medio. Las principales localidades fosilíferas se ubican al sureste de Iquique (I Región), sureste de Antofagasta (II Región) y entre el sureste de El Salvador y el sur de Vallenar (III Región) (e.g., Rubilar, 1998).

Sobre la base del registro conocido así como de antecedentes inéditos, en esta época se pueden reconocer al menos 24 taxones (en su mayoría endémicos): *Gryphaea oxytropis* Philippi (= *G. carinata* Philippi, *G. tricarinata* Philippi, *G. schulzei* Philippi), *G. apiculata* Rubilar, *G. varillasensis* Rubilar, *G. euteicha* Rubilar, *G. aff. nebrascensis* (Meek y Hayden), *G. aff. kakurensis* (Krumbeck), y ocho especies de *Gryphaea* consideradas nuevas; es probable que sean válidas y de esta época '*Ostrea rivoti* Bayle y Coquand, *G. bustillosii* Hupé y *G. rostrata* Philippi. Dos especies de *Actinostreon* consideradas nuevas; es probable que sea válida '*Ostrea encarpifera* Hupé. *Liostrea aff. sandalina* (Goldfuss), *L. aff. bononiae* (Sauvage y Rigaux), y 2 especies de *Liostrea* consideradas nuevas.

Entre las gryphaeas (17), en esta época predominan representantes con estructuras u ornamentación radial en especial en la valva izquierda, un frecuente retardo en el desarrollo del reborde posterior y la tendencia a presentar morfotipos de contorno entre subvoidal y subtrigonal. Éstas parecen integrar una nueva subfamilia y dos nuevos géneros (Rubilar, 2006). En uno de éstos (con estructuras radiales gruesas e irregulares, y zona umbonal globosa) pueden ser reunidas gryphaeas conocidas en el margen este del Pacífico y en el Tethys europeo y del cercano oriente. En cambio, el otro género (con ornamentación radial delgada, zona umbonal alargada y prominente, márgenes elevados sobre el plano de la comisura y un mayor desarrollo de morfotipos) parece estar circunscrito al margen este del Pacífico (Rubilar, 2006). El origen de varias especies de

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

este último grupo está notablemente vinculado con procesos heterocrónicos de variado tipo (Rubilar, 2005).

Los *Actinostreon* (3) están registrados en el Aaleniano-Bajociano. En cambio las *Liostraea* (4) son particularmente diversas en el Bajociano inferior, y los representantes afines a *L. bononiae* (Sauvage y Rigaux) (o a '*Ostrea*' *exarata* Goldfuss, de acuerdo a Philippi, 1899) comienzan a ser abundantes en el Caloviano.

El notable carácter endémico de esta fauna abarca en especial el Aaleniano superior-Caloviano (Rubilar, 2000). En particular, la diversidad de gryphaeas circunscritas al margen este del Pacífico coincide con el reconocimiento del Subreino Pacífico Este sobre la base de amonites (Bajociano tardío-Caloviano temprano; Hillebrandt *et al.*, 1992).

Gryphaea oxytropis Philippi (Fig. 1 B; en especial del Bathoniano-Caloviano, registrada en Chile entre el sur de Iquique y el sur de Copiapó, y en Argentina al sur de Mendoza) es considerada un fósil guía para el sur de Sudamérica. Otros tres taxones descritos por Philippi (1899) parecen ser sinónimos de esta especie, y evidenciarían variaciones anagenéticas ocurridas a lo largo de su registro (Rubilar, 2005).

Jurásico Superior. Las localidades fosilíferas principales se encuentran en la Cordillera de la Costa de Iquique (I Región; e.g., Kossler, 1998), al noreste y sureste de Antofagasta (II Región) y en la zona de Baños del Flaco (VI Región; Covacevich *et al.*, 1976).

Sobre la base del registro conocido así como de antecedentes inéditos, en esta época se pueden reconocer alrededor de 16 taxones: tres (?) especies de *Gryphaea* consideradas nuevas. Cinco especies de *Aetostreon* consideradas nuevas; es probable que sean válidas y de esta época '*E.*' *pinguis* Philippi y '*E.*' *cochlear* Philippi. Tres especies de *Amphidonte* (*Ceratostreon*) consideradas nuevas. *Liostraea* aff. *bononiae* (Sauvage y Rigaux), y al menos una especie de *Liostraea* considerada nueva. *Deltoideum* sp. (= '*Exogyra*' *curvirostris* Philippi).

En la zona de Iquique se cuenta con un registro de ostras del Oxfordiano en gran medida inédito, pertenecientes a los géneros *Gryphaea*, *Aetostreon*, *Amphidonte* (*Ceratostreon*) y *Liostraea*. Las gryphaeas (3?) están estrechamente relacionadas con los dos posibles géneros nuevos reconocidos en el Jurásico Medio. El registro allí de *Aetostreon* (1) y *Amphidonte* (*Ceratostreon*) (2) corresponderían a los más antiguos hasta ahora conocidos.

En diferentes zonas del país, las *Liostraea* de esta edad (2) generalmente se encuentran fijas a amonites; una de éstas es más similar a *L. bononiae* (Sauvage y Rigaux).

Los *Aetostreon* del Titoniano hasta ahora conocidos en Baños del Flaco y Lo Valdés (4) son afines a los del sur de Mendoza (Argentina), y en conjunto difieren de dos taxones descritos por Philippi (1899) que provendrían de la primera localidad ('*Exogyra*' *pinguis*; '*E.*' *cochlear*).

El único registro de *Deltoideum* en Chile se debe a Philippi (1899; '*Exogyra curvirostris*'), quien ilustró un ejemplar que provendría de la zona de Baños del Flaco. En Europa dicho género es conocido entre el Bathoniano y el Titoniano, mientras que en Argentina está presente en esta última edad.

Cretácico Inferior. Las localidades fosilíferas mejor conocidas se encuentran al sur de Antofagasta (II Región), entre El Salvador y La Serena (III y IV regiones), al sureste y suroeste de Santiago (Región Metropolitana), y entre Palena y el sur de Cochrane (XI Región) (e.g., Rubilar, 2003).

Sobre la base del registro conocido así como de antecedentes inéditos, en esta época se pueden reconocer al menos 18 taxones: '*Exogyra*' *trivialis* Leanza y Castellano, *Aetostreon* sp. nov. (Rubilar y Lazo, en preparación), y ocho especies de *Aetostreon*

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

consideradas nuevas; es probable que sean válidas y de esta época '*Ostrea santiaguensis* Hupé y '*O. atacamensis* Philippi. *Amphidonte* (*Ceratostreon*) aff. *boussingaulti* (d'Orbigny), y cuatro especies de *Amphidonte* (*Ceratostreon*) consideradas nuevas; es probable que sea válida y de esta época '*Ostrea calocrepis* Philippi.

Los *Aetostreon* y *Amphidonte* (*Ceratostreon*) presentes en Chile en general han sido asignados a especies que en la actualidad son consideradas sinónimos de *A. latissimum* (Lamarck) (= '*Ostrea couloni* d'Orbigny) y *A. (C.) boussingaulti* (d'Orbigny) (= '*Ostrea minos* Coquand), respectivamente. Sin embargo, es probable que correspondan a taxones diferentes. Ambos grupos son más diversos y están mejor representados en localidades situadas al sureste de Copiapó y al norte y sur del río Elqui (este de la Serena).

Los *Aetostreon* presentes en Lo Valdés (e.g., ¿'*Ostrea santiaguensis* Hupé? y otra especie que está siendo descrita, representada por un ejemplar que Philippi identificó como '*Exogyra couloni* Defrance') están estrechamente relacionados con los del centro oeste de Argentina. Éstos integrarían un linaje desarrollado entre el Titiánico y el Valanginiense inferior (y superior), donde serían frecuentes los procesos heterocrónicos (Rubilar *et al.*, 2000).

Conclusiones

Las ostras fueron muy abundantes y diversas durante el Mesozoico en Chile. Hasta el momento se conocerían alrededor de 32 especies, aunque de acuerdo con la información inédita aquí incluida el número de taxones presentes entre el Triásico Superior y el Cretácico Inferior ascendería a más de 80. Varias especies pueden ser consideradas fósiles guías (e.g., *Gryphaea darwinii* Forbes; *G. oxytropis* Philippi). Los principales eventos de recambio taxonómico habrían tenido lugar a mediados y fines del Jurásico Inferior y en el Jurásico Superior. En el Jurásico Medio se encuentra el mayor número de taxones endémicos, incluso aparentemente a nivel genérico para el margen este del Pacífico. En el sur de Sudamérica se encontraría el primer registro de especies (o taxones muy similares) que en otras latitudes caracterizan, por ejemplo, el Jurásico Medio y el Cretácico Inferior. Los procesos heterocrónicos parecen ser frecuentes en la evolución de estos bivalvos en el Jurásico Medio y en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

Agradecimientos

El proyecto de investigación interno centrado en el estudio de la diversidad y significado bioestratigráfico de las ostras fósiles del Mesozoico en Chile y Sudamérica cuenta con el apoyo de la Subdirección Nacional de Geología (SERNAGEOMIN) desde el año 1995, y fue propuesto por Ernesto Pérez. Este último y Susana Damborenea (Museo de La Plata) aportaron valiosas sugerencias al texto preliminar de este trabajo.

Referencias

- Aberhan, M. 1994. Early Jurassic Bivalvia of northern Chile. Part 1. Subclasses Palaeotaxodonta, Pteromorpha, and Isofilibranchia. *Beringeria* 13:1-114.
- Bayle, E.; Coquand, H. 1851. Mémoire sur les Fossiles secondaires recueillis dans le Chili par M. Ignace Domeyko et sur les terrains auxquels ils appartiennent. Société Géologique de France, Mémoires, Sér. 2, 4(1): 1-47.
- Burmeister, H.; Giebel, C. 1861. Die Versteinerungen von Juntas im Thal des Río Copiapó. *Abhandlungen der Naturforschung Gessellschaft* 6: 1-34.
- Covacevich, V.; Varela, J.; Vergara, M. 1976. Estratigrafía y sedimentación de la Formación Baños del Flaco al sur del Río Tinguiririca, Cordillera de Los Andes, Provincia de Curicó, Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 1, Actas 1: A191-A211. Santiago.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Forbes, E. 1846. Descriptions of secondary fossils shells from America. *In* Darwin, Ch., Geological Observations on South America, First Edition: 265-268.
- Hayami, I.; Maeda, S.; Ruiz Fuller, C. 1977. Some late Triassic bivalvia and gastropoda from the Domeyko range of north Chile. *Palaeontological Society of Japan, Proceedings, new Series* 108: 202-221.
- Hillebrandt, A.v.; Westermann, G.; Callomon, J.; Detterman, R. 1992. Ammonites of the Circum-Pacific region. *In* The Jurassic of the Circum-Pacific (Westermann, G., Editor), Cambridge University Press: 342-359.
- Hupé, L. 1854. Fauna Chilena - Moluscos. *In* Gay, C. Historia Física y Política de Chile. *Zoología* 8: 1-407.
- Kossler, A. 1998. Der Jura in der Künstenkordillere von Iquique (Nordchile). *Paläontologie, Lithologie, Stratigraphie, Paläogeographie. Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen, A* 197: 226 p.
- Malchus, N. 2008. Problems concerning early Oyster evolution: A reply to Márquez-Aliaga and Hautmann. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 258: 130-134.
- Malchus, N.; Aberhan, M. 1998. Transitional Gryphaeate/Exogyrate oysters (Bivalvia: Gryphaeidae) from the Lower Jurassic of Northern Chile. *Journal of Paleontology* 72(4): 619-631.
- Manceñido, M.; Damborenea, S.; Riccardi, A, 2007. The early Toarcian Oceanic Anoxic Event in the Argentinian Andes. *Ameghiniana* 44(4) Suplemento Resúmenes: 59R-60R.
- Möricke, W. 1894. Versteinerungen des Lias und Unteroolith von Chile. *In* Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Südamerika (Steinmann, G.; Editor). *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage-Band* 9: 1-100.
- Philippi, R.A. 1899. Los fósiles secundarios de Chile, 104 p. Santiago-Leipzig.
- Rubilar, A. 1998. La Superfamilia Ostreacea en Chile y su importancia cronoestratigráfica, paleogeográfica y paleoecológica (Triásico Superior-Jurásico). Tesis doctoral (Inédito), Universidad Nacional de La Plata (Argentina): 363 p.
- Rubilar, A. 2000. La superfamilia Ostreacea en Chile y Argentina durante el Triásico superior-Jurásico. Importancia bioestratigráfica y paleogeográfica. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 1: 545-548. Puerto Varas.
- Rubilar, A. 2003. Nuevos estudios acerca de las ostras del Cretácico Inferior en Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 10: 10 p.
- Rubilar, A. 2005. Heterochrony in Middle Jurassic species of *Gryphaea* (Ostreoidea, Gryphaeidae) from southern South America. *Geologica Acta* 3(2): 185-203.
- Rubilar, A. 2006. Gryphaeate oysters with radial ornamentation in the Middle Jurassic of Chile and Argentina: supraspecific affinities and possible taxonomic implications. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 11, Actas 2: 121-124. Antofagasta.
- Rubilar, A.; Damborenea, S.; Manceñido, M. 2000. Cambios heterocrónicos en *Aetostreon* (Ostreoidea, Gryphaeidae) del Tithoniano-Valanginiano, en el sur de Mendoza (Argentina). *Ameghiniana* 37(4) Suplemento Resúmenes: 78R-79R.
- Stenzel, H. 1971. Oysters. *In* Treatise on Invertebrate Paleontology (Moore, R.; Editor), University of Kansas Press and Geological Society of America, Part N, Mollusca 6(3): 953-1224.

**REVALUACIÓN DEL MATERIAL TIPO DE 'CRETIRHYNCHIA TRANSATLANTICA'
(BRACHIOPODA, RHYNCHONELLIDA) DEL CRETÁCICO DE ANTOFAGASTA
(NORTE DE CHILE)**

Miguel O. Manceñido

División Paleozoología Invertebrados, Museo de La Plata, Paseo del Bosque, B1900FWA,
La Plata, Argentina y CONICET, mmancenii@fcnym.unlp.edu.ar

Hace poco más de 50 años, el braquiópodo *Cretirhynchia transatlantica* fue descrito como especie nueva por Leanza y Castellaro (1955, p. 180, Lám. 3, Figs. 5-6), quienes, sobre la base de su morfología externa principalmente, la asignaron a un género recientemente instituido por Pettit (1950). El hipodigma original procede de la 'Capa N° 3' del perfil de El Way, relevado por Harrington cerca del cerro Coloso, en Antofagasta, Chile (II Región), y fue referido en ese entonces al Albiano inferior. Desde el punto de vista litoestratigráfico, tales depósitos corresponden a la Formación El Way (Harrington, 1961, p. 189-190, Fig. 6), modernamente considerada de edad barremiano-aptiana, quizás hasta hauteriviana (Pérez y Reyes, 1989).

Dicho taxón ha tenido, desafortunadamente, escaso impacto en la literatura especializada internacional. Baste señalar que Chile no fue incluido en la distribución del género *Cretirhynchia* consignada por Ager (1965) en un importante tratado de referencia, y que tal especie tampoco figura entre los ejemplos sudamericanos listados en el libro de Camacho (1966) ni en el detallado catálogo compilado por Sulser (1993) a nivel mundial.

Sólo en años recientes, al discutir la paleobiogeografía de los braquiópodos mesozoicos andino-patagónicos, Manceñido (2002, Fig. 7.13) reilustró el material y cuestionó la atribución genérica inicial, expresando que más probablemente fuese un representante del género pandémico *Cycolothyris*. Consecuentemente, en la revisión por parte de Manceñido *et al.* (2002) se ha ampliado la extensión geográfica de este último, para incluir a Chile con reservas (en tanto que se ha omitido deliberadamente del rango de *Cretirhynchia*), pero el carácter sintético de la obra no permitió fundamentar ese proceder. Así pues, el propósito de la presente contribución es dar a conocer formalmente los argumentos que motivaron tales decisiones taxonómicas.

Ello se torna imperioso, ya que el género *Cretirhynchia*, tal y como fuera originariamente concebido por Pettitt (1950-1954), ha experimentado en los últimos años un significativo desmembramiento, lo cual fuera anticipado visionariamente por Ager (1965, p. 617; Ager *et al.* 1972, p. 212). Dicho proceso, que se encuentra aún en desarrollo, ha dado lugar a la proposición de varias nuevas entidades de rango subgenérico hasta genérico, en varios casos asignables a diferentes familias y superfamilias, como resultado de su revisión (cf. Simon y Owen, 2001; Manceñido *et al.*, 2007; Motchurova-Dekova y Simon, 2007; Motchurova-Dekova *et al.*, 2008).

Para el presente análisis se sigue la clasificación más actualizada del orden (Manceñido y Owen, 2001; Manceñido *et al.*, 2002; 2007), y se ha tenido acceso al holotipo y paratipo de la especie en cuestión, que tienen como repositorio la Colección de Paleontología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (= CPBA).

De este modo, se ha podido verificar que la descripción original puede ser ampliada de la siguiente manera. El holotipo (CPBA 5562, Fig. 1 A-F) es una conchilla completa, con 9,82 mm de longitud total (largo dorsal = 8,50 mm), 11,12 mm de ancho y 5,53 mm de espesor; de contorno subpentagonal en vista dorsal, lenticular en norma anterior, casi equibiconvexa en perfil lateral, con umbón ventral aguzado, prominente, casi recto; foramen hipotírido, elíptico, con placas deltidiales auriculadas, anteriormente en contacto; el pliegue dorsal es amplio y deprimido (5,70 mm de ancho x 1,24 mm de alto),

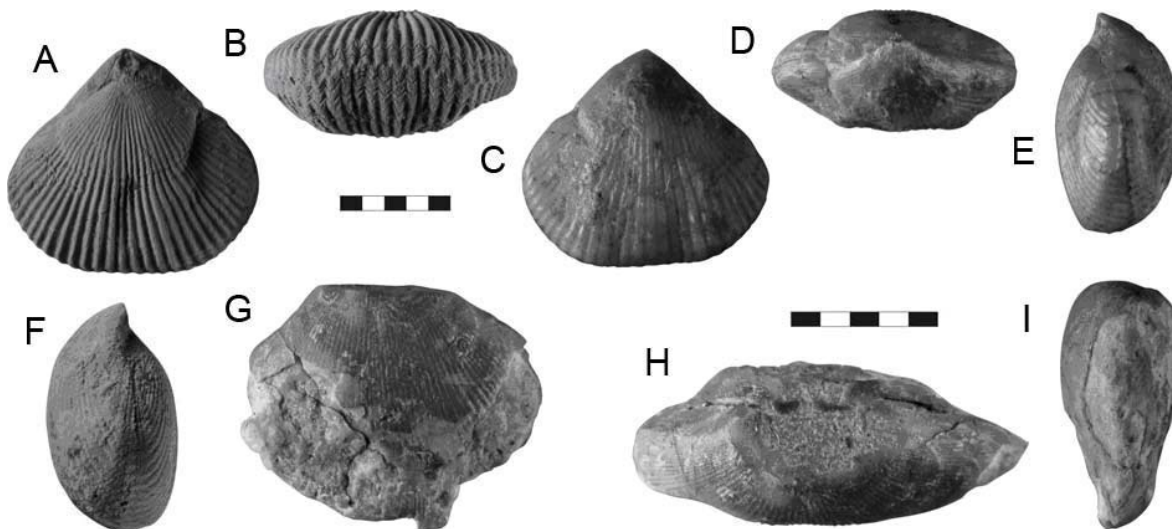


Fig. 1. *Cyclothyris transatlantica* (Leanza y Castellaro). A-F: Holotipo, CPBA 5562, A- vista dorsal, B- vista anterior, C- vista ventral, D- vista posterior, E- vista lateral izquierda, F- vista lateral derecha. G-I: Paratipo, CPBA 5563, G- vista ventral, H- vista posterior con superficie pulida, I- vista lateral derecha. Escalas = 5 mm (la barra mayor se aplica sólo a la figura H; la barra menor corresponde a las figuras restantes).

poco elevado y escasamente demarcado lateralmente, en correspondencia con un surco medio ventral poco profundo, mejor definido hacia la mitad anterior, y una extensión lingüiforme ancha y regularmente arqueada; también se aprecia una angosta geniculación de todo el margen frontal, portadora de líneas de crecimiento conspicuas; la superficie de ambas valvas está ornamentada por 33-35 costillas radiales muy finas (10 de ellas sobre el pliegue dorsal), que se extienden desde el ápice hasta el margen, con escasas intercalaciones; las crestas costales son subredondeadas y los espacios intercostales más angostos y subangulosos; la densidad de costulación (a 5 mm del umbón dorsal) fluctúa alrededor de 14-16 costillas en 5 mm.

El paratipo (CPBA 5563, Fig. 1 G-I), aunque también un ejemplar bivalvado, de dimensiones algo mayores (11 mm de largo, 13,59 mm de ancho, 5,59 mm de espesor), se halla dañado en sectores dorsal, anterior y ventro-lateral, y además, ambos umbones se encuentran pulidos, mostrando una sección transversal (levemente oblicua); la superficie de la valva ventral estuvo cubierta por no menos de 50 costillas radiales muy finas, muy similares a lo descrito, alcanzando una densidad de 18-20 en 5 mm (en una posición equivalente). La sección pulida (Fig. 1 H) permite observar placas dentales delgadas, algo encorvadas, subparalelas a ligeramente divergentes ventralmente; dientes bien encastrados en las foseas; cavidades umbonales triangulares y vestigios de un septo medio relativamente prominente; la forma de las placas charnelares subhorizontales se asemeja a la conocida en los Cyclothyridinae en general y particularmente en representantes de *Cyclothyris*, y entidades genéricas estrechamente relacionadas, y difiere de aquella típica de los Cretirhynchiinae (e.g., Burri, 1957; Owen, 1962; Pettitt, 1965; Owen y Thurrell, 1968; Nekvasilova 1973; Lobacheva, 1974; Smirnova, 1990; Motchurova-Dekova, 1995; Simon y Owen, 2001; Manceñido *et al.*, 2002; 2007).

Otros rasgos de interés nunca antes mencionados (si bien irrelevantes a los efectos taxonómicos), incluyen una aparente huella de depredación subletal, sobre el flanco izquierdo (ambas valvas) del holotipo (Fig. 1 A, C-E), y al menos 10 indicios de

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

anillos de beekita de 0,15 a 0,6 mm de diámetro (clara evidencia de diagénesis por silicificación) especialmente sobre la valva ventral del paratipo (Fig. 1 G).

Concretamente, la especie aquí redescrita presenta sus mayores afinidades con *Cyclothyris depressa* (J. de C. Sowerby) del Aptiano superior de Inglaterra, cuyo lectotipo ha sido ilustrado fotográficamente por Owen (1962, Pl. 4, Fig. 11a-c), concordando no sólo en tamaño, sino también en caracteres tales como contorno, umbón ventral prominente, densidad y tipo de costulación, etc., aunque conserva su individualidad. Asimismo comparte similitudes incluso con la especie tipo de *Cyclothyris*, *Cy. latissima* (J. de C. Sowerby), del Aptiano superior de Inglaterra (Pettitt, 1950, pl.1, Fig. 14a-c, 15, Pl.2, Fig. 11, 14; Owen, 1962, Pl.4, Fig. 7a-c, 8a-c; Smirnova, 1990, Pl.9, Fig. 3a-b; Manceñido *et al.* 2002, Fig. 900.1a-c). Ambas especies europeas resultan características de la fase faunística F reconocida por Gaspard (1999, p. 324 y Tabla 1). Disminuyen las semejanzas con la única especie a la cual fue explícitamente comparada inicialmente por Leanza y Castellaro (1955), *Cr. woodwardi* (Davidson) del Campaniano de Inglaterra (Pettitt, 1950, Pl. 1, Fig. 4a-c, Pl. 2, Fig. 5a-c), la cual, por su parte, ha sido transferida al nuevo género *Woodwardirhynchia* y reubicada dentro de la subfamilia Cyclothyridinae (véase Simon y Owen, 2001, Pl. 8, Fig. 3a-e, 4a-d; Manceñido *et al.*, 2007, Fig. 1828a-e).

En cambio, las especies de *Cretirhynchia* (s.s.) se diferencian además por ser marcadamente dorsibiconvexas, de paredes gruesas, con foramen más pequeño, placas deltidiales casi nunca auriculadas, extensión lingüiforme más alta y subrectangular, placas charnelares angostas, y placas dentales con tendencia a converger ventralmente. Sin embargo, la escasez de material no ha permitido confirmar si en la especie chilena la conchilla posee patrón microestructural leptinoide y/o cruras canaliformes (cf. Manceñido, 2000; Savage *et al.*, 2002; Manceñido *et al.*, 2007).

En conclusión, al estado actual de conocimiento, se ratifica que la atribución genérica válida más razonable es *Cyclothyris transatlantica* (Leanza y Castellaro), hasta tanto se cuente con nuevas recolecciones de material topotípico del taxón (lo cual resulta conveniente y aconsejable). Se espera, pues, que este aporte también contribuya a facilitar el reconocimiento del taxón por parte de paleontólogos y/o estratígrafos locales y a estimular estudios ulteriores.

Agradecimientos

A la Dra. S.E. Damborenea (Museo de La Plata, La Plata, Argentina), por su permanente cooperación en diversas facetas del trabajo, y a la Dra. M.B. Aguirre-Urreta (UBA, Buenos Aires, Argentina) por el préstamo del material.

Referencias

- Ager, D.V. 1965. Mesozoic and Cenozoic Rhynchonellacea. *In* Treatise on Invertebrate Paleontology (Moore, R.; Editor), Geological Society of America and University of Kansas Press, Part H(2): H597-H625. Lawrence, Kansas.
- Ager, D.V.; Childs, A.; Pearson, D.A. 1972. The evolution of the Mesozoic Rhynchonellidae. *Geobios* 5(2-3): 157-235. Lyon.
- Burri, F. 1957 ('1956'). Die Rhynchonelliden der Unteren Kreide (Valanginien-Barrémien) im westschweizerischen Juragebirge. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 49(2): 599-702, Pl. 1-15. Basilea.
- Camacho, H.H. 1966. Invertebrados Fósiles. EUDEBA, Manuales: 707 p. Buenos Aires.
- Gaspard, D. 1999. Distribution of Lower Cretaceous brachiopods in Europe (Berriasian to Aptian). *Bulletin de la Société Géologique de France* 170(3): 311-326. Paris.
- Harrington, H.J. 1961. Geology of Antofagasta and Atacama Provinces, northern Chile. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 45(2): 169-197.
- Leanza A.F.; Castellaro H. 1955. Algunos fósiles Cretácicos de Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 10(3): 178-213.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Lobacheva, S.V. 1974. O rode *Cyclothyris* (Brachiopoda) [= The brachiopod genus *Cyclothyris*]. Paleontologicheskii Zhurnal, 1974 (1): 72-82, pl. 8. Moscú (en ruso, traducción al inglés en Paleontological Journal 1974 (1): 67-77).
- Manceñido, M.O. 2000. Crural types among post-Palaeozoic Rhynchonellida (Brachiopoda). In The Millennium Brachiopod Congress, Abstracts: 57. The Natural History Museum. Londres.
- Manceñido, M.O. 2002. Paleobiogeography of Mesozoic brachiopod faunas from Andean-Patagonian areas in a global context. In Proceedings of the International Conference 'Paleobiogeography & Paleoecology 2001', Piacenza and Castell'Arquato 2001 (Monegatti, P., Cecca, F. y Raffi, S.; Editors). Geobios 35, Mémoire Speciale 24: 176s-192s. Lyon.
- Manceñido, M.O.; Owen, E.F. 2001. Post-Palaeozoic Rhynchonellida (Brachiopoda): classification and evolutionary background. In Brachiopods Past and Present. (Brunton, C.H.C., Cocks, L.R.M. and Long, S.L.; Editors). The Systematics Association Special Volume Series 63(20): 189-200. Taylor and Francis. Londres.
- Manceñido, M.O.; Owen, E.F.; Sun, D.L. 2007. Post-Paleozoic Rhynchonellida. In Treatise on Invertebrate Paleontology, Brachiopoda (Brunton, C.H.C., Coordinator; Selden, P.A., Editor). Geological Society of America and University of Kansas Press, Part H(R) 6 (Supplement): 2727-2741. Lawrence, Kansas.
- Manceñido, M.O.; Owen, E.F.; Sun, D.L.; Dagys, A.S. 2002. Hemithiridoidea. In Treatise on Invertebrate Paleontology, Brachiopoda (Williams, A., Coordinator; Kaesler, R., Editor). Geological Society of America and University of Kansas Press, Part H(R) 4: 1326-1371. Lawrence, Kansas.
- Motchurova-Dekova, N. 1995. Late Cretaceous Rhynchonellida (Brachiopoda) from Bulgaria.I. Genus *Cyclothyris* M'Coy. Geologica Balcanica 25(3-4): 35-74, Pl. 1-10.
- Motchurova-Dekova, N.; Simon, E. 2007. *Homaletarhynchia* Simon and Owen 2001, a genus transferred to the Basiliolidae (Pugnacoidea, Rhynchonellida, Brachiopoda). Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre 77: 117-129. Bruselas.
- Motchurova-Dekova, N.; Long, S.; Saito, M. 2008. Unravelling taxonomy of some Post-Palaeozoic rhynchonellides by using multiple techniques to investigate their internal morphology. Fossils and Strata 54: 231-239. Copenhagen.
- Nekvasilová, O. 1973. The brachiopod genus *Bohemirhynchia* gen.n. and *Cyclothyris* McCoy (Rhynchonellidae) from the Upper Cretaceous of Bohemia. Sborník geologických věd, paleontologie (Journal of Geological Sciences, Palaeontology) 15: 75-117.
- Owen, E.F. 1962. The brachiopod genus *Cyclothyris*. Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology 7(2): 37-63. Londres.
- Owen, E.F.; Thurrell, R.G. 1968. British Neocomian rhynchonelloid brachiopods: Bulletin British Museum (Natural History), Geology 16(3): 101-123. Londres.
- Pérez, E.; Reyes, R. 1989. Dos nuevas especies del género *Paulckella* Cooper *et al.* 1989 (Bivalvia; Trigoniidae), del Cretácico inferior, norte de Chile. Revista Geológica de Chile 16(2): 217-227.
- Pettitt, N.E. 1950 ('1949'). A Monograph of the Rhynchonellidae of the British Chalk. Part I. Palaeontographical Society Monographs 103(450): i-vi + 1-26, Pl. 1-2.
- Pettitt, N.E. 1954 ('1953'). A Monograph of the Rhynchonellidae of the British Chalk. Part II. Palaeontographical Society Monographs 107(466): 27-52.
- Pettitt, N.E. 1965 (1964). A Monograph of the Rhynchonellidae of the British Chalk. Contents-Index. Palaeontographical Society Monographs 118(507): vii-viii + 53.
- Savage, N.M.; Manceñido, M.O.; Owen, E.F. 2002. Order Rhynchonellida. Introduction. In Treatise on Invertebrate Paleontology, Brachiopoda (Williams, A., Coordinator; Kaesler, R., Editor). Geological Society of America and University of Kansas Press, Part H(R)4: 1027-1040. Lawrence, Kansas.
- Simon, E.; Owen, E.F. 2001. A first step in the revision of the genus *Cretirhynchia* Pettitt, 1950. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre 71: 53-118 (Pl. 1-8). Bruselas.
- Smirnova, T.N. 1990. Sistema rannemelovykh brachiopod [= Systematics of Early Cretaceous brachiopods]. Izdatel'stvo 'Nauka', p. 1-240, Pl. 1-40. Moscú.
- Sulser, H. 1993. Brachiopoda: Rhynchonellida mesozoica. In: Fossilium Catalogus. I: Animalia (Westphal, F.; Editor). Kugler Publications, Pars 132: 1-281. Amsterdam.

EL REGISTRO DE AMONITES DEL CENTRO-NORTE DE CHILE EN EL MARCO DE LA GEODINÁMICA DEL MARGEN PACÍFICO DE GONDWANA DURANTE EL CRETÁCICO TEMPRANO

F. Amaro Mourgues O.

Servicio Nacional de Geología y Minería, amourgues@sernageomin.cl

Los amonites conforman un grupo de cefalópodos fósiles que tiene una amplia distribución en el tiempo geológico (Devónico-Cretácico Tardío) y, dada su elevada tasa de cambio evolutivo y en general amplia distribución geográfica, constituyen una herramienta fundamental para los estudios bioestratigráficos. Se los considera organismos principalmente nadadores, aunque algunos habrían ocupado hábitats más particulares tal como el bentónico circalitoral (Westermann, 1996). Por dicho modo de vida, en estratigrafía secuencial se los considera indicadores de ambientes de mar abierto. En el caso particular del Cretácico Inferior del centro-norte de Chile, han resultado ser buenos indicadores de alzamientos relativos mayores del nivel del mar. Durante estos intervalos de incremento de la columna de agua, el arco volcánico dejaría de constituir una 'barrera' y los amonites lograrían ingresar a la cuenca (Fig. 1). De esta manera habrían poblado los ambientes marinos de trasarco que caracterizaron la paleogeografía del margen pacífico de Gondwana hacia el fin del Jurásico y el Cretácico Temprano (Fig. 2).

Geotectónica y dominios sedimentarios

Durante el Cretácico Temprano, la subducción oblicua de alto ángulo (tipo Marianas) habría generado extensión y subsidencia en el trasarco (Chotin, 1981), junto con movimientos de cizalle sinistral a través de rupturas profundas de la corteza (e.g., Sistema de Falla de Atacama). Esto se tradujo en la formación de cuencas de trasarco que acumularon series sedimentarias, las que registraron las variaciones relativas del nivel marino, la tectónica sinsedimentaria y los cambios de fauna allí ocurridos a lo largo del tiempo.

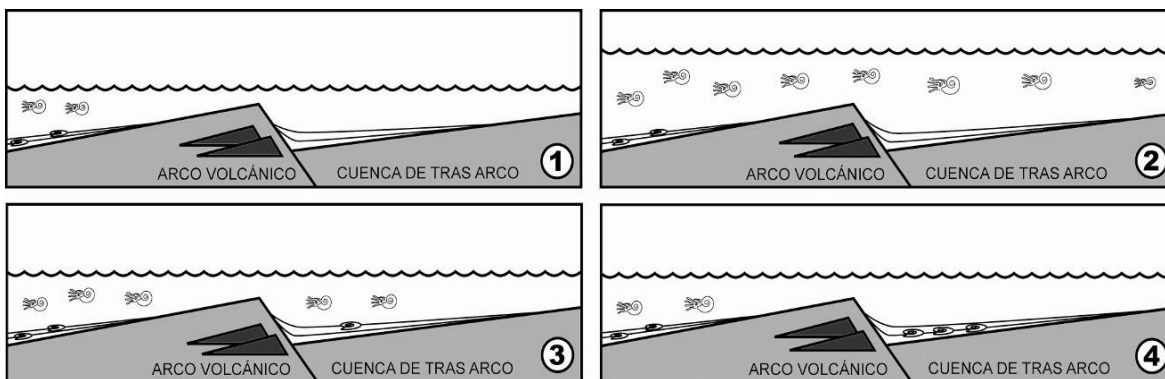


Fig. 1. Esquemas simplificados del margen de subducción y la implicancia de las variaciones del nivel del mar en el registro de los amonites al interior de una cuenca de trasarco. 1) El arco constituye un 'alto fondo' y opera como barrera hacia el interior. 2) Durante un alzamiento mayor del nivel de mar, aumenta la columna de agua e ingresan a la cuenca faunas nectónicas como los amonites y ocupan el área recientemente disponible. 3) Sin embargo, durante el descenso del nivel del mar, las condiciones favorables que los atrajeron cesan, constituyendo una trampa. Dicha fauna continúa habitando esta área por un tiempo y sus restos se incorporan progresivamente a la litósfera. 4) Finalmente, se extinguen las poblaciones que allí habitaron.

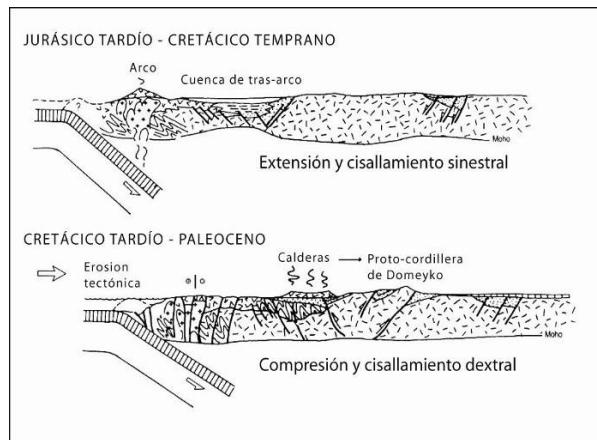
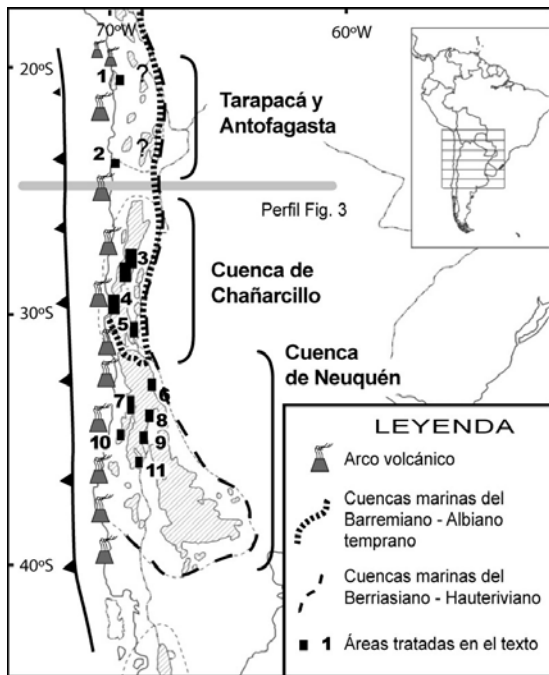


Fig. 2. (izquierda). Distribución geográfica de los dominios sedimentarios a lo largo del margen pacífico de Gondwana durante el Cretácico Temprano.

Fig. 3. (arriba). Evolución geotectónica de margen durante el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano y Cretácico Tardío-Paleoceno (simplificado de Ramos y Alemán, 2000).

De sur a norte, estos dominios sedimentarios corresponden a: la parte más occidental de la cuenca de Neuquén, la cuenca de Chañarcillo y las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Entre los 110 y 70 Ma (Albiano temprano-Maastrichtiano temprano), un cambio en la dirección y ángulo de subducción habría provocado compresión y cizallamientos dextrales sobre el margen, con el consecuente alzamiento y la inversión de las cuencas sedimentarias marinas de trasarco (Scheuber *et al.* 1994). Esto implicó el fin de la depositación marina hacia el Albiano temprano (Fig. 3).

Bioestratigrafía de amonites y estratigrafía secuencial

Las unidades sedimentarias depositadas en los tres grandes dominios señalados han entregado numerosos amonites, los que han permitido elaborar en algunos casos escalas biozonales (*e.g.*, Neuquén, Chañarcillo) o, en otros, asignar edades a las unidades que los contienen (Figs. 4-6). Con esto es posible establecer equivalencias entre las formaciones de estos tres dominios. En el caso particular del Cretácico Inferior del centro-norte de Chile, los amonites se encuentran asociados a los 'máximos de inundación' de las secuencias (*e.g.*, Hauteriviano superior, Barremiano superior, Albiano inferior, Fig. 6). Algunos de estos 'máximos' pueden ser vinculados con alzamientos de carácter global (Hardenbol *et al.* 1998). Sin embargo, en el caso de las áreas de Tarapacá, Antofagasta y el río Maule en la Cordillera Principal persisten las incertezas. Esto se debe ya sea al escaso número de amonites hasta ahora encontrado (Tarapacá) o a la mención de faunas de edades muy diferentes en sucesiones de espesor reducido (*e.g.*, Antofagasta, Río Maule).

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Alb.		<i>Douvillicerias?</i> sp.	<i>Neodeshayesi</i> sp.								
Apt.		<i>Dufrenoyia</i> aff. <i>josiana</i> Sloyanow	<i>Hypacanthophiles</i> sp.								
Bar.			<i>A. (Audubonicerias)</i> sp. <i>Antarticoceras</i> n. sp. <i>A. domel/kanus</i> (Bayle y Coquand) <i>Moufoniceras?</i> sp. <i>Emerniceras</i> spp. <i>Shastricoceras</i> spp.	<i>Emerniceras</i> spp. ★ <i>Shastricoceras</i> spp.	<i>A. domel/kanus</i> (Bayle y Coquand)						
Hau.		<i>Shastricoceras</i> sp.	<i>Parasphiticeras groeberi</i> Aguirre-Urreta <i>C. diamantensis</i> (Gerth)			<i>C. diamantensis</i> (Gerth) <i>Holcophychites neuquensis</i> Douville	<i>Saynella</i> sp. <i>Holcophychites neuquensis</i> Douville	<i>C. diamantensis</i> (Gerth) / <i>C. schlagintweitii</i> (Glov) ★			<i>Holcophychites neuquensis</i> Douville
Val.		<i>P. angulatiformis</i> (Behrendsen) ★	<i>O. permolestus</i> (Leanza) <i>Olcostephanus atherstoni</i> (Sharpe) <i>Lissonia</i> n. sp. <i>P. cf. groeberi</i> (Weaver)		<i>Holcophychites neuquensis</i> Douville ★ <i>P. angulatiformis</i> (Behrendsen)	<i>Holcophychites neuquensis</i> Douville <i>P. angulatiformis</i> (Behrendsen) <i>Olcostephanus atherstoni</i> (Sharpe)	<i>Olcostephanus</i> sp. <i>Thummanicerias</i> sp.	<i>P. angulatiformis</i> (Behrendsen)		<i>Olcostephanus</i> cf. <i>atherstoni</i> (Sharpe) ★ <i>Lissonia mveroi</i> (Lisson)	
Ber.			<i>Malbosceras</i> aff. <i>malbosci</i> (Pictet)		<i>S. (Kilianicerias)</i> sp.	<i>Cuyanicerias</i> sp. <i>Spiricerias</i> sp.	<i>Cuyanicerias</i> sp. <i>S. (Kilianicerias)</i> sp. <i>Argentinicerias</i> sp.	<i>Cuyanicerias transgrediens</i> (Steuer) <i>Argentinicerias nuduliferum</i> (Steuer)		<i>S. cf. tripartitus</i> Hupé	
Tit.								<i>S. koeneni</i> (Steuer) <i>C. allemans</i> (Gerth) <i>W. intermissiosum</i> (Kramz) <i>A. proximus</i> (Steuer) <i>P. zitteli</i> (Burkhardt) <i>Virgat. mendocanus</i> (Burkhardt)	<i>S. koeneni</i> (Steuer) <i>C. allemans</i> (Gerth) <i>W. intermissiosum</i> (Kramz) <i>A. proximus</i> (Steuer) <i>P. zitteli</i> (Burkhardt) <i>Virgat. andesensis</i> (Douville)		<i>'Odoboceras' aff. ellipsostomum</i> Steuer

Fig. 4. Cuadro de correlación bioestratigráfica basada en los amonites citados en cada área mencionada (1-11). Las líneas que separan los taxones indican que éstos son parte de una biozonación.
1) Tarapacá (Ceccioni y García, 1960); **2) Antofagasta** (Alarcón y Vergara, 1964; Leanza y Castellano, 1955; Jurgan, 1974); **3) Copiapo - Valenar** (Aguirre-Urreta et al. 2007); **4) Qda. de Los Choros - La Serena** (Mourgués, 2000); **5) Cordillera Principal de Ovalle** (Mpodozis y Cornejo, 1988; Rivano y Sepúlveda, 1991); **6) Cordillera Principal, río Aconcagua** (Aguirre, 1960; Aguirre-Urreta y Lo Forte, 1996); **7) Cordillera de la Costa, Melipilla - La Calera** (Gana et al. 1996; Wall et al. 1996); **8) Cordillera Principal, ríos Volcán y Maipo** (Biro, 1980; Aguirre-Urreta y Álvarez, 1997); **9) Cordillera Principal, ríos Leñas y Tinguiririca** (Corvalán, 1959; Covacevich et al. 1976); **10) Cordillera de la Costa, La Lajuela**; (Corvalán, 1959); **11) Cordillera Principal, río Maule** (Corvalán, 1959). ★ : Nomenclatura actualizada.



Fig. 5. SNGM 1874, *Emericiceras* aff. *emerici* (Léveillé), amonite del Barremiano inferior de la cuenca de Chañarcillo. Escala = 5 cm. Tomado de Aguirre Urreta *et al.* (2007).

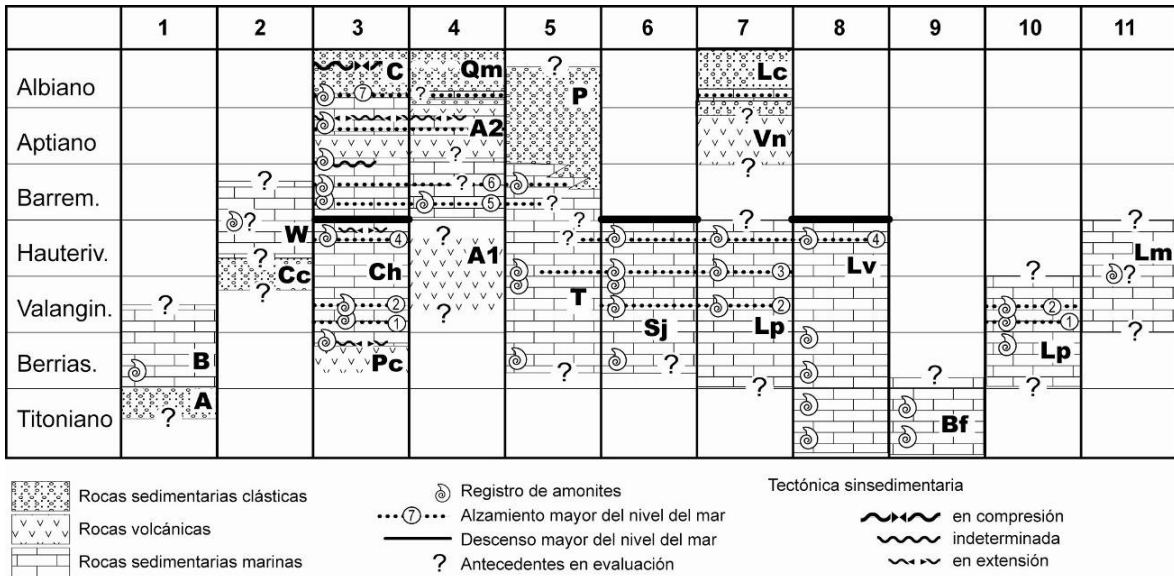


Fig. 6. Tabla de comparación cronoestratigráfica entre las áreas con sedimentitas marinas del Cretácico Temprano a lo largo del margen (1-11, leyenda como en Fig. 4). Unidades litoestratigráficas: A) Fm Atajaña, B) Fm Blanco, Cc) Fm Caleta Coloso, W) Fm El Way, Pc) Fm Punta del Cobre, Ch) Gp Chañarcillo, C) Fm Cerrillos, A1) Fm Arqueros Mb 1, A2) Fm Arqueros Mbs 2-5, Qm) Fm Qda Marquesa, T) Fm Río Tascadero, P) Fm Pucalume, Sj) Fm San José, Lp) Fm Lo Prado, Vn) Fm Veta Negra, Lc) Fm Las Chilcas, Lv) Fm Lo Valdés, Lm) Estratos de La Mina (unidad informal). Alzamientos mayores del nivel del mar (1-7): 1) Valanginiano inferior, Zona de *Lissonia* n. sp.; 2) Valanginiano superior, Zona de *O. atherstoni*; 3) Hauteriviano inferior, Zona de *H. neuquensis*; 4) Hauteriviano superior, Zona de *C. diamantensis*; 5) Barremiano inferior, Zonas de *Shaticrioceras* y *Emericiceras*; 6) Barremiano superior, Zona de *A. domeykanus*; 7) Albiano inferior, Horizonte de *Neodeshayesites*. Abreviaciones: Fm = Formación; Mb(s) = Miembro(s); Gp = Grupo; Qda = Quebrada.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Registro de amonites y evolución del margen

El registro disponible de amonites permite concluir que la depositación de unidades sedimentarias marinas en los tres grandes dominios fue diacrónica. La depositación dependió de varios factores. Por una parte, de la generación de espacio debido a la subsidencia (consecuencia de la extensión en el margen) y/o alzamiento absoluto del nivel marino (eustatismo). La sedimentación marina con registro de amonites en Chile central (Cuenca de Neuquén), comenzó en el Titoniano y alcanzó hasta el Hauteriviano tardío. El fin de la sedimentación marina en esta parte del margen habría ocurrido por colmatación de la cuenca. Por otro lado, la sedimentación marina con amonites en la región comprendida entre Copiapó y La Serena (Cuenca de Chañarillo) comenzó en el Berriasiano tardío y culminó en el Albiano temprano. Considerando las evidencias de tectónica sinsedimentaria hacia la parte superior de la serie (Mourgues *et al.* 2005), el 'cierre' de esta cuenca se habría producido por un incremento en la actividad tectónica. Esto podría corresponder a las primeras etapas de la actividad tectónica compresiva (Arancibia, 2004), que a su vez produjo la exhumación de la Cordillera de la Costa (Nalpas *et al.* 2005), y que habría comenzado hacia Albiano temprano. Como ha sido señalado anteriormente, la parte norte del margen carece de estudios bioestratigráficos que permitan integrar el conocimiento geológico al modelo aquí planteado.

Agradecimientos:

La Subdirección Nacional de Geología (SERNAGEOMIN) apoyó diferentes aspectos de esta investigación. Entre quienes brindaron una inestimable colaboración se encuentran los paleontólogos y/o geólogos Jean-Louis Latil, Luc G. Bulot (U. de Provence), Etienne Jaillard (IRD; U. de Grenoble), Emmanuel Robert (U. de Grenoble), Gerard Delanoy (U. de Niza), Gerard Hérail (IRD; U. de Toulouse III), y M. Beatriz Aguirre-Urreta (Universidad de Buenos Aires).

Referencias

- Aguirre, L. 1960. Geología de los Andes de Chile Central. Instituto de Investigaciones Geológicas (Chile), Boletín (9): 70 p., 1 mapa.
- Aguirre Urreta, M.B.; Alvarez, P. 1997. La Formación Lo Valdés en el Alto Río Colina, Región Metropolitana, Chile Central. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 8, Actas 1: 411-415. Antofagasta.
- Aguirre-Urreta, M.B.; Lo Forte, G.L. 1996 Los depósitos tithoneocomianos. *In* Geología de la región del Aconcagua, provincias de San Juan y Mendoza. (Ramos V.A. *et al.*; editores). Subsecretaría de Minería de la Nación. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Anales 24 (7): 179-229.
- Aguirre-Urreta, M.B.; Mourgues, F.A.; Rawson, P.F.; Bulot, L.G.; Jaillard, E. 2007. The Lower Cretaceous Chañarillo and Neuquén Andean Basins: Ammonoid Biostratigraphy and Correlations. *Geological Journal* 42 (2): 143-173.
- Alarcón, B.; Vergara, M. 1964. Nuevos antecedentes sobre la geología de la Quebrada El Way. Instituto de Geología, U. de Chile, Publicaciones (26): 96-130.
- Arancibia, G. 2004. Mid-Cretaceous crustal shortening: evidence from a regional-scale ductile shear zone in the Coastal Range of central Chile (32°S). *Journal of South American Earth Sciences* 17: 209-226.
- Biró-Bagóczy, L. 1980 Estudio sobre el límite entre el Titoniano y el Neocomiano en la Formación Lo Valdés. Provincia de Santiago (33°50' Lat. Sur) Chile, principalmente sobre la base de Ammonoideos. *In* Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía, No. 2, y Congreso Latinoamericano de Paleontología, No. 1, Actas 5: 137-152. Buenos Aires.
- Cecioni, G.; García, F. 1960. Stratigraphy of Coastal Range in Tarapacá Province, Chile. *Bulletin of the American Association of the Petroleum Geologists* 44: 1609-1619.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Corvalán, J. 1959. El Titoniano de Río Leñas, Provincia de O'Higgins. Con una revisión del Titoniano y Neocomiano de la parte chilena del Geosinclinal Andino. Instituto de Investigaciones Geológicas (Chile), Boletín (3): 65 p.
- Covacevich, V.; Varela, J.; Vergara, M. 1976. Estratigrafía y sedimentación de la Formación Baños del Flaco, al sur del río Tinguiririca, Cordillera de los Andes, Provincia de Curicó, Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 1, Actas 1: A191-211. Santiago.
- Chotin, P. 1981. Dissymétrie fondamentale dans l'évolution des zones de subduction de l'Ouest et de l'Est Pacifique depuis le Trias. *Bulletin de la Société Géologique de France* 23: 245-252.
- Gana, P.; Wall, R.; Gutiérrez, A. 1996. Mapa geológico del área de Valparaíso-Curacaví, regiones de Valparaíso y Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile), Mapas Geológicos 1: 20 p., 1 mapa 1:100.000.
- Hardenbol, J.; Thierry, J.; Farley, M.B., Jacquin, T.; de Gracinsky, P.C.; Vail, P.R. 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. *In* Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins (de Graciansky, P.C.; Hardenbol, J.; Jacquin, T.; Vail, P.R.; editors). SEMP Special Publication 60: 3-13.
- Jurgan, H. 1974. Die marine Kalkforge der Unterkreide in der Quebrada El Way, Antofagasta, Chile. *Geologische Rundschau* 63(1): 490-515.
- Leanza, A.F; Castellaro, H. 1955. Algunos fósiles cretácicos de Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 10(3): 178-213.
- Mourgues, F.A. 2000. Bioestratigrafía de las facies calcáreas marinas de las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa, IV Región, Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 1: 519-523. Puerto Varas.
- Mourgues, F.A.; Jaillard, E.; Arévalo, C.; Bulot, L.G. 2005. Événements tectoniques-sédimentaires aptiens dans le nord du Chili: la fermeture du bassin marin d'Atacama (27°-30° S). *Geologie Alpine, Série colloques et excursions*, No. 6 (Global Events during the quiet Aptian-Turonian (90-120 my) Superchron, Grenoble, 21-23 April 2005): 41-46.
- Mpodozis, C.; Cornejo, P. 1988. Hoja Pisco Elqui, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile), Carta Geológica de Chile (68): 164 p., 1 mapa 1: 250.000.
- Nalpas, T.; Hérail, G.; Mpodozis, C.; Riquelme, R.; Clavero, J.; Dabard, M.-P. 2005. Thermochronological data and denudation history along a transect between Chañaral and Pedernales (~26°S), North Chilean Andes: Orogenic implications. *In* International Symposium on Andean Geodynamics, No. 6, Actas: 548-551. Barcelona.
- Ramos, V.A.; Aleman, A. 2000. Tectonic evolution of the Andes. *In* Tectonic evolution of South America (Cordani, U.; Milani E.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.; editors). International Geological Congress 31: 635-685. Rio de Janeiro.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P. 1991. Hoja Illapel, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile), Carta Geológica (69): 132 p., 1 mapa 1: 250.000.
- Scheuber, E; Bogdanic, T.; Jensen, A.; Reutter, K.-J. 1994. Tectonic Development in the North Chilean Andes in Relation to Plate Convergence and Magmatism Since the Jurassic. *In* Tectonic of the Southern Central Andes (Reutter, K.-J.; Scheuber, E.; Wigger, P.; editors), Springer Verlag: 121-139.
- Wall, R.; Gana, P.; Gutierrez, A. 1996. Mapa geológico del área de San Antonio-Melipilla: Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile), Mapas Geológicos (2): 20 p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Westermann, G.E.G. 1996. Ammonoid Life and Habitat. *In* Ammonoid Paleobiology (Landman *et al.*; editors), Plenum Press: 607-707. New York.

CENOZOIC MARINE INVERTEBRATES OF CHILE: WHAT WE KNOW AND WHAT WE WISH WE KNEW EXEMPLIFIED BY MOLLUSKS

Sven N. Nielsen

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,
Ludewig-Meyn-Str. 10, 24118 Kiel, Germany, nielsen@gpi.uni-kiel.de

Mollusks are the best known group of marine invertebrates from the Chilean Cenozoic. With Darwin's (1846) first collection we got a glimpse, with Philippi's (1887) monograph we thought we knew most about the Cenozoic fauna of Chile. However, ongoing work since the 1980's shows that we are far from really knowing the faunas, faunal changes, and their environmental implications. Before Philippi, 88 mollusk species were named from the Chilean Cenozoic (see Griffin and Nielsen, 2008). Philippi (1887, 1897) multiplied this number by naming additional 120 gastropods, 220 bivalves, 3 cephalopods, 5 scaphopods, and 2 chitons. Works since the 20th century (mostly by Covacevich, Frassinetti and Nielsen) mainly consolidated these results; synonymising some species, adding information on existing ones, and describing additional species.

At the moment we have a fairly good overview of the early Miocene Navidad fauna reaching as far south as the Chonos Archipelago (Frassinetti, 2001; 2004), although roughly 100 species in new collections remain undescribed. However, much less is known about younger faunas of that whole area (e.g., Frassinetti, 1997; 2000). Further south, work on the fauna from Golfo Tres Montes has only begun (Frassinetti, 2006; Nielsen and Frassinetti, 2007). The Neogene faunas from the areas around Coquimbo, Caldera and Mejillones have not been reviewed since Herm (1969) and reasonable comparison with Peruvian faunas, like for the Navidad fauna (DeVries and Frassinetti, 2003; Finger *et al.*, 2007), is difficult until this has been done. Even smaller is our knowledge of Eocene faunas, apparently only present at Algarrobo and on Arauco (Philippi, 1887; Tavera, 1942). But Tavera's works are taxonomically difficult and for many of Philippi's species it is not known where exactly they come from and what age they have. Even basics like geologic mapping of formations and stratigraphy are not sufficient for most formations. Much confusion still exists, e.g., regarding the Arauco Eocene and Paleocene and Oligocene deposits have not been unequivocally accounted for.

So, since most localities and faunas are not or poorly dated and many faunas remain poorly known, not much can currently be said about timing and magnitude of faunal changes, latitudinal migration, direction of dispersal and species origination and extinction. This means that apart from taxonomic work also much other data has to be generated in an interdisciplinary effort before we can tackle the important questions in modern science which can also attract a broader scientific audience and the general public.

References

- Darwin, C. 1846. Geological observations on South America. Smith, Elder & Co.: 279 p. London.
- DeVries, T.J.; Frassinetti D. 2003. Range extensions and biogeographic implications of Chilean Neogene mollusks found in Peru. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 52: 119-135.
- Finger, K.L.; Nielsen, S. N.; DeVries, T. J.; Encinas, A.; Peterson, D. E. 2007. Paleontologic evidence for sedimentary displacement in Neogene forearc basins of central Chile. *Palaios* 22: 3-16.
- Frassinetti, D. 1997. Molluscos del Plioceno Superior de Isla Guafo, Sur de Chile. Parte I. Bivalvia. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 46: 55-79.
- Frassinetti, D. 2000. Moluscos del Plioceno Superior marino de Isla Guafo, sur de Chile. Parte II. Gastropoda. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 49: 131-161.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Frassinetti, D. 2001. Moluscos bivalvos y gastrópodos del Mioceno marino de Isla Stokes, Sur de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 50: 73-90.
- Frassinetti, D. 2004. Moluscos fósiles del Mioceno marino de Isla Ipún, Sur de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 53: 71-83.
- Frassinetti, D. 2006. Moluscos fósiles del Mioceno marino de islas Crosslet y Hereford (Golfo Tres Montes, Aisén, Chile). Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 55: 61-74
- Griffin, M.; Nielsen, S. N. 2008. A revision of the type specimens of Tertiary molluscs from Chile and Argentina described by d'Orbigny (1842), Sowerby (1846) and Hupé (1854). Journal of Systematic Palaeontology 6: 251-316.
- Herm, D. 1969. Marines Pliozän und Pleistozän in Nord- und Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. Zitteliana (2): 159 p.
- Nielsen, S.N.; Frassinetti, D. 2007. The Neogene Volutidae (Gastropoda, Neogastropoda) from the Pacific coast of Chile. Journal of Paleontology 81: 82-102
- Philippi, R. A. 1887. Die tertiären und quartären Versteinerungen Chiles. F.A. Brockhaus: 266 p. Leipzig.
- Philippi, R. A. 1897. Paleontología. p. 365-370. Appendix to R. Maldonado C., Estudios geográficos é hidrográficos sobre Chiloé.
- Tavera, J. 1942. Contribución al estudio de la estratigrafía y paleontología del Terciario de Arauco. *In* Anales del Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología, No. 1, 2: 580-632.

MOLUSCOS CUATERNARIOS DEL EXTREMO AUSTRAL DE AMÉRICA: AVANCES Y PERSPECTIVAS

Sandra Gordillo^{1,2}; Javiera Cárdenas^{3,4}

¹Centro de Investigaciones Paleobiológicas, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. ²CICTERRA, CONICET, sgordillo@efn.uncor.edu.

³Fundación Centro de Estudios del Cuaternario (CEQUA), Punta Arenas, Chile. ⁴Centro de Ciencias Ambientales EULA, Universidad de Concepción, Chile, javieracardenas@udec.cl

Contexto ambiental y situación problemática

En el extremo sur de América, tanto el Canal Beagle como el Estrecho de Magallanes actualmente representan dos vías de conexión entre los océanos Pacífico y Atlántico (Fig. 1). Sin embargo, durante las glaciaciones plio-pleistocenas, estas dos regiones conformaron profundos valles ocupados por glaciares que se desplazaban desde un centro dispersor: la cordillera Darwin. En el Canal Beagle han quedado registradas las dos últimas glaciaciones (Lennox y Moat; Rabassa *et al.*, 2000), que alcanzaron un espesor de más de 1.200 metros. En cambio, más al norte, en Tierra del Fuego, la última glaciación se restringió al sector occidental del Estrecho de Magallanes y en Bahía Inútil, en territorio chileno (Porter, 1990). En el Estrecho de Magallanes, el último máximo glaciar (UMG) se habría producido hacia los 25 ka antes del presente (AP), y la deglaciación se habría iniciado a los 17 ka AP (McCulloch *et al.*, 2005; Kaplan *et al.*, 2008). En el Canal Beagle, el UMG sería correlacionable con el Estrecho de Magallanes, con un retroceso glaciar anterior a los 14,7 ka AP (Heusser y Rabassa, 1987; Rabassa *et al.*, 2000). Posteriormente, estas áreas dieron lugar al desarrollo de ambientes glaciofluviales y glaciolacustres hasta que se produjo el ingreso marino. Tanto en el Canal Beagle como en el Estrecho de Magallanes los cambios del nivel de mar también se relacionan con el levantamiento glacioisostático y la tectónica, ya que ambas regiones se encuentran en la zona de influencia de la falla de Magallanes, y fueron previamente cubiertas por glaciares. En el Canal Beagle, el ingreso marino habría ocurrido a través del canal Murray, antes de los 8,2 ka AP, ya que para esa edad ya estaban establecidas las condiciones marinas en Bahía Lapataia, sobre la costa norte del Canal. En tanto, para el Estrecho de Magallanes se ha determinado que el avance marino desde el Atlántico se establece luego de la primera glaciación pleistocena, mientras que la comunicación con el Océano Pacífico se completa después de la última glaciación (Brambati *et al.*, 1998). En esta región, el ingreso marino holoceno se estableció hacia los 8,8 ka AP, alcanzando un máximo nivel hacia los 6,4 ka AP (Porter *et al.*, 1984), y descendiendo luego hasta la posición actual. Tanto en el Canal Beagle como en el Estrecho de Magallanes, y como testigo de los cambios del nivel del mar en el Holoceno, quedó plasmado un sistema de terrazas, escalonadas según su antigüedad y altura sobre el nivel del mar (Gordillo, 1993; Brambatti *et al.*, 1998). Si se compara esta situación con los avances del mar del Pleistoceno, las evidencias en la región son menores debido a los intensos efectos erosivos de la última glaciación (Rabassa *et al.*, 2000).

Tanto en el Canal Beagle como en el Estrecho de Magallanes las terrazas marinas cuaternarias están caracterizadas por la presencia de conchillas de moluscos (principalmente bivalvos y gastrópodos), utilizadas como fuente de información paleobiológica y paleoambiental.

La finalidad principal de este trabajo es presentar los avances efectuados en moluscos cuaternarios procedentes de las terrazas marinas elevadas, ubicadas en ambos márgenes del Canal Beagle y del Estrecho de Magallanes. Actualmente, y en un marco de cooperación entre Chile y Argentina, las investigaciones centradas en moluscos cuaternarios del extremo austral de América están orientadas a: (I) utilizar los ensambles

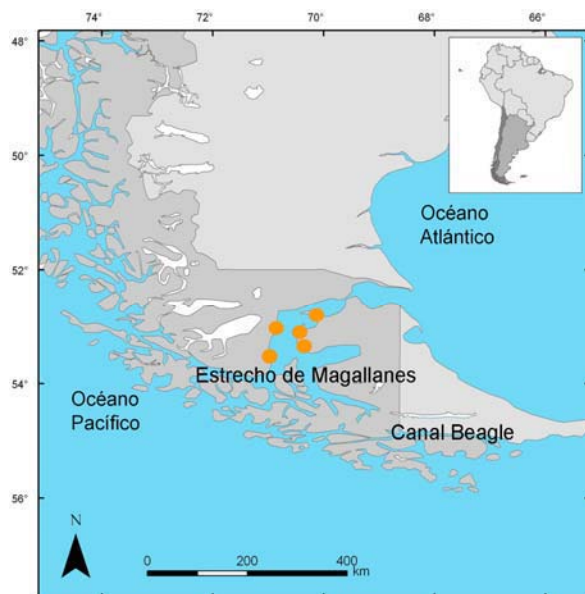


Fig. 1. Extremo austral de América. Se indican las localidades estudiadas en el Estrecho de Magallanes (izquierda) y en el Canal Beagle (abajo).



de conchillas como herramientas ambientales, ya que permiten reconocer las variaciones paleoecológicas y los cambios paleoclimáticos durante el Cuaternario; y (II) completar un inventario de los moluscos marinos del Holoceno y del Pleistoceno del archipiélago fueguino para el análisis de sus relaciones paleobiogeográficas.

Los moluscos estudiados proceden de distintas localidades ubicadas sobre ambos márgenes del Canal Beagle y del Estrecho de Magallanes. El material se encuentra en el repositorio del Centro de Investigaciones Paleobiológicas (CIPAL), de la Universidad Nacional de Córdoba, bajo el prefijo CEGH-UNC y en el Centro de Ciencias Ambientales EULA en la Universidad de Concepción.

Estudios conquiológicos: antecedentes y principales aspectos abordados

El primero en observar moluscos fósiles del Cuaternario en playas elevadas del extremo austral de América fue Darwin (1846). Luego Hägg (en Halle, 1910) proporciona el primer listado de moluscos (holocenos) de una terraza elevada de isla Gable, en el Canal Beagle, y de otra terraza ubicada en el Estrecho de Magallanes. Algunos taxones fueron mencionados en distintos trabajos geológicos (ej. Porter *et al.*, 1984; Clapperton *et al.*, 2005), al ser utilizados para realizar dataciones radiocarbónicas. Posteriormente, y para el área del Canal Beagle, se obtuvieron los primeros listados faunísticos del Holoceno (Gordillo, 1993; 1999). Estos moluscos han permitido abordar aspectos

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

tafonómicos (Gordillo, 1992; 2007), paleoecológicos (Gordillo, 1991; 1999), y realizar reconstrucciones paleoambientales (Gordillo *et al.*, 1993; 2005).

Recientemente, se han comenzado a estudiar los moluscos holocenos del Estrecho de Magallanes, con un enfoque similar (Cárdenas, en realización). Un estudio comparativo entre los ensambles de moluscos del Canal Beagle y del Estrecho de Magallanes indicó diferencias cualitativas y cuantitativas entre los elementos faunísticos de ambas regiones (Cárdenas y Gordillo, 2006). Estas variaciones serían el resultado de varias causas, siendo la principal de tipo ecológica y relacionada con la heterogeneidad del hábitat. Es decir, la coexistencia de diferentes sustratos da lugar a subambientes donde priman, en un extremo, elementos epifaunales asociados a fondos duros o rocosos, y en el otro extremo elementos infaunales asociados a fondos arenosos. Otras razones de las diferencias serían tafonómicas (*e.g.*, preservación diferencial), o de tipo biogeográficas según los límites de distribución diferencial de los distintos taxones. Otros estudios realizados y que involucran a estos moluscos cuaternarios han sido más específicos y con otros enfoques, los que incluyen análisis morfométricos (Gordillo, 1995), interacciones depredador-presa (Gordillo, 1994; 1998a; Gordillo y Amuchástegui, 1998), y aspectos paleobiogeográficos (Gordillo, 1998b; Gordillo, 2001; 2006; Gordillo *et al.*, 2005).

Moluscos del Pleistoceno (Fig. 2)

Para el Canal Beagle, y entre los fragmentos de valvas procedentes de un 'till' ubicado en isla Gable (Rabassa *et al.*, 1988), se ha reconocido la presencia de *Limopsis marionensis* (Gordillo, 1990). Este hallazgo de valvas en un depósito glaciar, a pesar de no corresponder a su sedimento original, indica que las mismas habrían sido arrancadas de un depósito marino del interior del canal y luego transportadas por el hielo. Para el sector central del Estrecho de Magallanes, Clapperton *et al.* (2005) también mencionan *Limopsis* (además de *Hiatella* y *Nucula*) en depósitos de till, y en ambos casos no es posible determinar si el material corresponde al último interglacial (Sangamon) o a un interestadial anterior.

Más recientemente, en la costa sur del Canal Beagle, sobre isla Navarino, se encontró un nivel marino (19 m s.n.m.) que representa un ambiente costero formado durante un evento transgresivo del Pleistoceno, probablemente del último interglacial (Rabassa *et al.*, 2008; Ponce *et al.*, en prensa). La fauna de moluscos y microfauna asociada se encuentran actualmente bajo estudio, pero ya se han reconocido al menos 30 especies de moluscos, extendiéndose al Pleistoceno el rango de antigüedad de varias especies (*e.g.*, *Rochefortia rochebrunei*, *Neolepton concentricum*, y *Puncturella conica*, entre otras).

Moluscos del Holoceno (Fig. 2)

Respecto a los cambios faunísticos ocurridos luego del retroceso general del hielo, al inicio del Holoceno, la invasión marina en el Canal Beagle se caracteriza por la aparición de dos especies eurióticas que toleran condiciones de baja salinidad (*Mulinia edulis* y *Mytilus chilensis*). Estas fases iniciales se continúan con otras de mayor expansión y diversificación de la fauna, por la incorporación progresiva de aguas marinas, y que evolucionan hacia las condiciones actuales. En relación a la diversidad de moluscos holocenos del Estrecho de Magallanes, se han reconocido 45 especies que incluyen 12 bivalvos y 33 gastrópodos. Para el Canal Beagle, hasta el momento se han identificado más de 70 especies (26 bivalvos, 36 gastrópodos y 6 quitones), y la posición sistemática de algunos taxones se encuentra actualmente en revisión y actualización.

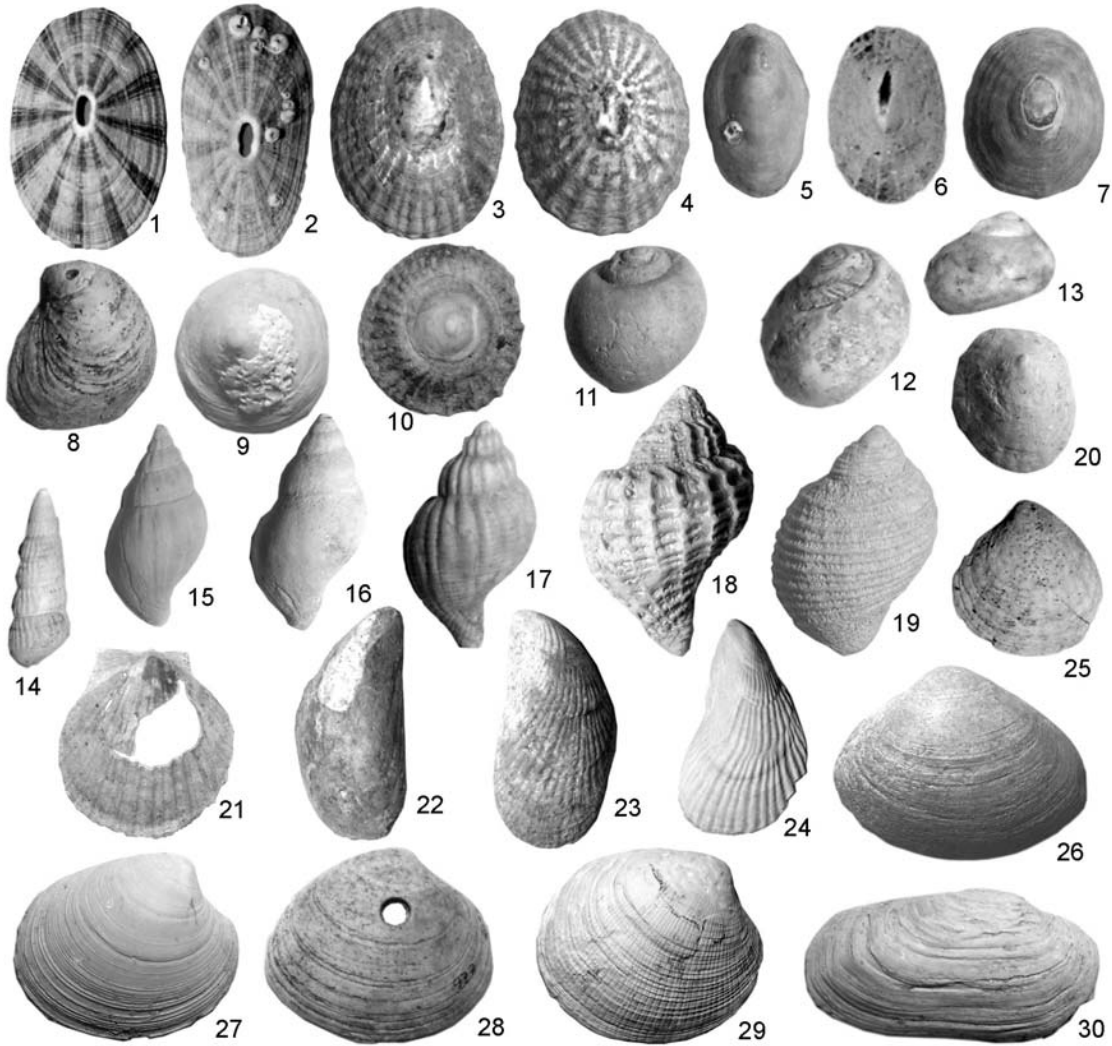


Fig. 2. Moluscos cuaternarios del extremo sur de América. 1- *Fissurella picta* (Gmelin) (61mm, EM; 23044). 2- *Fissurella radiosa* Lamarck (40mm, EM; 23021). 3- *Nacella (P.) deaurata* (Gmelin) (56mm, EM; 23015). 4- *Nacella (P.) magellanica* (Gmelin) (54mm, EM; 23017). 5- *Nacella (Nacella) mytilina* (Helbling) (31mm, EM; 23018). 6- *Puncturella conica* (d'Orbigny) (13mm, EM; 23042). 7- *Lottia cecilians* (d'Orbigny) (15mm, EM; 23026). 8- *Crepipatella dilatata* (Lamarck) (17mm, EM; 23014). 9- *Calyptraea pileolus* (d'Orbigny) (11mm, CB; 23175). 10- *Calyptraea pileus* (d'Orbigny) (22mm, EM; 23000). 11- *Falsilunatia soluta* (Gould) (15mm, EM; 23032). 12- *Tectonatica impervia* (Philippi) (10mm, CB; 23179). 13- *Margarella violacea* (King y Broderip) (8mm, EM; 23049). 14- *Eumetula pulla* Philippi (14mm, EM; 23041). 15- *Pareuthria* sp. (19mm, CB; 23167). 16- *Pareuthria plumbea* (Philippi) (25mm, CB; 23166). 17- *Xymenopsis muriciformis* (King y Broderip) (30mm, EM; 23035). 18- *Trophon geversianus* (Pallas) (30mm, CB; 23180). 19- *Acanthina monodon* var. *imbricata* (Lamarck) (52mm, EM; 23016). 20- *Siphonaria lessoni* Blainville (12mm, CB; 23176). 21- *Zygochlamys patagonica* (King y Broderip) (36mm, CB; 22474). 22- *Mytilus chilensis* Hupé in Gay (50mm, CB; 23155). 23- *Perumytilus purpuratus* (Lamarck) (35mm, CB; 23157). 24- *Aulacomya atra* (Molina) (52mm, EM; 23054). 25- *Cyclocardia* sp. (12mm, EM; 23002). 26- *Mulinia edulis* (King y Broderip) (71mm, CB; 22505). 27- *Retrotapes exalbidus* (Dillwyn) (36mm, CB; 23162). 28- *Tawera gayi* (Hupé in Gay) (32mm, EM; 23006). 29- *Venus antiqua* King y Broderip (57mm, CB; 22665). 30- *Hiatella solida* (Sowerby) (32mm, CB; 23151). CB = Canal Beagle; EM = Estrecho de Magallanes. Los números de 5 dígitos corresponden al ejemplar resguardado en el repositorio CEGH-UNC.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Conclusiones

1. Los episodios marinos ocurridos durante el Pleistoceno y Holoceno en el extremo sur de América están representados por remanentes de terrazas marinas elevadas que contienen una fauna de moluscos marinos abundante y diversa.
2. Las especies encontradas viven actualmente dentro de la Región Magallánica, extendiendo sus rangos de distribución sobre los océanos Atlántico y/o Pacífico. Su presencia en depósitos holocenos del Canal Beagle y del Estrecho de Magallanes indica que estas dos regiones habrían actuado como corredores biológicos, facilitando las conexiones interoceánicas.
3. Para el Holoceno, entre los elementos típicos de la región (por su equitatividad y abundancia) destacan: gastrópodos pateliformes (*Nacella magellanica*, *Fissurella oriens*, *Siphonaria lessoni*) y murícidos (*Trophon geversianus*, *Xymenopsis muriciformis*), mientras que los bivalvos típicos son mitílicos (*Mytilus chilensis*, *Aulacomya atra*, *Perumytilus purpuratus*) y venéridos (*Retrotapes exalbidus*, *Venus antiqua*, *Tawera gayi*). Estas especies son características de aguas someras (mesolitoral y/o infralitoral) templado-frías.
4. Los ensambles de moluscos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle indican condiciones climáticas estables durante el Holoceno, y las principales diferencias se asocian a la heterogeneidad de hábitats en la región.
5. Los cambios faunísticos ocurridos al inicio del Holoceno se asocian a una colonización gradual, al restablecerse el ambiente marino.
6. Respecto a los moluscos del Pleistoceno, las glaciaciones cuaternarias habrían ocasionado en general la pérdida y destrucción de los restos de la fauna de moluscos que vivió en la región.
7. El hallazgo reciente de una terraza marina del Pleistoceno en isla Navarino abre nuevas perspectivas en la reconstrucción paleoambiental del Cuaternario, y brinda nuevas herramientas para la interpretación del origen de la fauna actual de moluscos del extremo sur de América.

Referencias

- Brambati, A.; De Muro, S.; Di Grande, A. 1998. Marine transition of Holocene terraces in the eastern area of the Straits of Magellan, Chile. *Bollettino Di Geofisica Teorica ed Applicata* 39: 47-76.
- Cárdenas, J.; Gordillo, S. 2006. Paleoambientes marinos del Holoceno de Tierra del Fuego. Un análisis comparativo en base a su malacofauna. *In Congreso Argentino de Paleontología*, No. 9, Actas: 60. Córdoba.
- Clapperton, C.M.; Sugden, D.E.; McCulloch, R.D.; Kaufmann, D.S. 2005. The last glaciation in central Magellan Strait, southernmost Chile. *Quaternary Research* 44: 133-148.
- Darwin, C. 1846. *Geological observations on South America*. Smith, Elder & Co.: 279 p. London.
- Gordillo S. 1990. Presencia de *Limopsis marionensis* Smith, 1885 (Mollusca: Bivalvia) en el Pleistoceno Superior de Tierra del Fuego. *In Congreso Geológico Argentino*, No. 11, Actas 2: 219-221. San Juan.
- Gordillo S. 2001. Puzzling distribution of the fossil and living genus *Hiatella* (Bivalvia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 165: 231-249.
- Gordillo S. 2006. The presence of *Tawera gayi* (Hupé in Gay, 1854) (Veneridae, Bivalvia) in southern South America: Did *Tawera* achieve a Late Cenozoic circumpolar traverse? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 240: 587-601.
- Gordillo, S. 2007. Análisis tafonómico de quitones (Polyplacophora: Mollusca) holocenos de Tierra del Fuego, Argentina. *Ameghiniana* 44: 407-416.
- Gordillo, S. 1991. Paleoecología de moluscos marinos del Holoceno Medio en Isla Gable, Canal Beagle (Tierra del Fuego, Argentina). *Ameghiniana* 28 (1-2): 127-133.
- Gordillo, S.; Coronato, A.; Rabassa, J. 2005. Quaternary molluscan faunas from the island of Tierra del Fuego after the Last Glacial Maximum. *Scientia Marina* 69 (Suppl. 2): 337-348.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Kaplan, M.R.; Fogwill, C.J.; Sugden, D.E.; Hulton, N.R.J.; Kubik, P.W.; Freeman, S.P.H.T. 2008. Southern Patagonian glacial chronology for the Last Glacial period and implications for Southern Ocean climate. *Quaternary Science Reviews* 27: 284-294.
- McCulloch, R.D.; Fogwill, C.J.; Surgen, D.E.; Bentley, M.J.; Kubik, P.W. 2005. Chronology of the last glaciation in central Strait of Magellan and Bahía Inútil, southernmost South America. *Geografiska Annaler* 87 (A): 289-312.
- Ponce, J.F.; Gordillo, S.; Rabassa, J.O. (en prensa). Depósitos marinos fosilíferos pleistocenos en la localidad de Corrales Viejos, Isla Navarino, Chile. *In Congreso Geológico Argentino*, No. 17, Actas.
- Rabassa, J.O.; Coronato, A.; Bujalesky, G.; Salemme, M.; Roig, C.; Meglioli, A.; Heusser, C.; Gordillo, S.; Roig, F.; Borronei, A.; Quattrocchio, M. 2000. Quaternary of Tierra del Fuego, Southernmost South America: an updated review. *International Quaternary* (68-71): 217-240.
- Rabassa, J.; Gordillo, S.; Ocampo, C.; Rivas Hurtado P. 2008. The southernmost evidence for an interglacial transgression (Sangamon?) in South America. First record of upraised Pleistocene marine deposits in Isla Navarino (Beagle Channel, Southern Chile). *Geologica Acta* 6: 251-258.

**PALEODIVERSIDAD DE QUIRONÓMIDOS (DIPTERA: CHIRONOMIDAE)
EN EL VALLE DE PURÉN-LUMACO (38°S), CENTRO-SUR DE CHILE**A. Martel-Cea¹; R. Vega¹; M. Pino^{1,2}¹Laboratorio de Paleoecología, Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile, jmartel.cea@gmail.com. ²Núcleo Milenio FORECOS

Las asociaciones entre el ambiente y el desarrollo cultural de asentamientos indígenas en el centro-sur de Chile son motivo de estudio en la Cuenca del valle Purén-Lumaco (38°S). Varias herramientas bioindicadoras (sedimentos y mineralogía, polen, diatomeas y quironómidos) están siendo usados para resolver la historia natural desde el Último Máximo Glacial (>22.227 años cal A.P.) y precisar cuando los seres humanos irrumpen en el valle. Los insectos quironómidos constituyen una herramienta para estudiar como el recurso agua fue cambiando y si estos cambios han sido de origen antrópico o climáticos, aunque esta aplicación es muy reducida en Chile. Estos dípteros poseen un ciclo de vida prácticamente acuático, llegando a ser sensibles a las variaciones de su hábitat durante el estado larval, donde generan una cápsula cefálica de quitina que se preserva en el sedimento lacustre.

Este trabajo entrega los resultados del estudio de un testigo de sedimento que midió 482 cm de largo, extraído de un pantano llamado El Valle (38°03'10.72"S y 72°58'13.10"O). Por textura y color se diferenciaron 8 facies caracterizadas en su mayoría por la importante presencia de limo orgánico (Fig. 1). Por el método de pérdida por ignición se determinó contenido de materia orgánica y agua (%), también densidad orgánica y húmeda (g/cc). La cronología esta basada en 3 fechados radiocarbónicos.

Se identificó un total de 3.776 cápsulas cefálicas de larvas de quironómidos repartidos en 28 taxones, en su mayoría hasta el nivel de género. Sólo 3 de las 8 subfamilias de quironómidos en Chile están presentes en el pantano El Valle. Domina Chironominae con 57,3%, representado con sus tres tribus Tanytarsini (37,6%), Chironomini (17,5%) y Pseudochironomini (2,2%). Las otras dos son las subfamilias Orthocladiinae (27,4 %) y Tanypodinae (15,3%).

Se realizaron 2 análisis de cluster debido a la existencia de un hiatus en el registro entre los 60 y 270 cm, con una leve reaparición de cápsulas cefálicas entre los 120 y 150 cm. Se denomina Zona 1 a la secuencia de quironómidos de la facies A (con 3 subzonas) y la Zona 2 corresponde al registro ubicado en la facies F (con 5 subzonas).

La diversidad de quironómidos es más alta y fluctuante en la Zona 1 comparado con la Zona 2 (Fig. 2). La tribu Chironomini es más diversa que abundante en los primeros 50 cm, por la ocurrencia constante de *Dicotendipes*, *Chironomus*, *Parachironomus*. En forma similar, la subfamilia Orthocladiinae se caracteriza por la fuerte presencia de *Parapsectrocladius*, acompañado en menor medida de *Corynoneura/Thienemanniella*, *Nanocladius*, *Orthocladius/Cricotopus*. Muchos de estos taxones están ausentes en gran parte de la secuencia laminar de la facies F correspondiente a la Zona 2.

El sedimento arenoso de la facies H da cuenta de la presencia de un sistema fluvial que sería la causa de la ausencia de cápsulas en el estrato. Luego de una secuencia de transición (facies G), comienza a gradar un sedimento laminado con intercalación de pardo oscuro y claro (facies F). Este sedimento es característico de ritmitas lacustres, revelando la presencia de un lago más allá de los 22.000 años cal A.P. La existencia de quironómidos en toda esta facies demuestra este aumento de nivel de la columna de agua y la posible variación climática durante esta secuencia. Esta aseveración se relaciona con la variabilidad antagónica entre los taxones dominantes *Dicotendipes* y la tribu Tanytarsini en toda la Zona 2. *Dicotendipes* es un taxón de ambiente litoral y aguas cálidas. En cambio, la tribu Tanytarsini es característica de

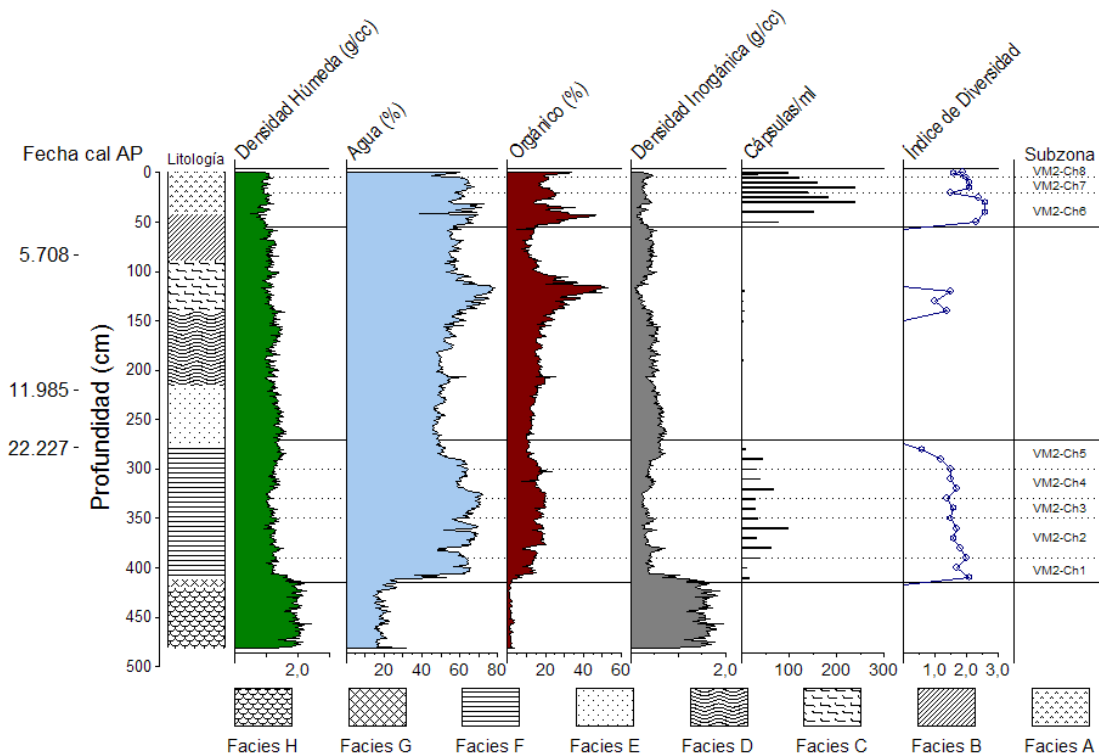


Fig. 1. Materia orgánica obtenida mediante pérdida por ignición, litología, cantidad y diversidad de cápsulas cefálicas de quironómidos del testigo VM2 provenientes del pantano El Valle.

aguas más frías y poco productivas (Massaferro y Corley, 1998). La escasa presencia de taxones litorales y de aguas cálidas (*Chironomus* disminuye hacia el techo de la facies F, *Polypedilum* y *Parachironomus*) hace pensar que la temperatura ambiental y la columna de agua eran más frías que las actuales (Walker y Mathewes, 1989; Levesque *et al.*, 1997). Estos especímenes se destacan por su constante presencia durante la Zona 1 en la facies A (Fig. 2). Esto coincidiría con estudios hechos por Lamy *et al.* (1999), que indican que durante el Último Máximo Glacial, entre los 33° y 41°S, la Cordillera de la Costa (alejada de las lenguas glaciares) se encontraba sometida a temperaturas más frías y mayores precipitaciones.

Un descenso considerable del nivel de la columna de agua origina un ambiente de orilla con un sustrato anóxico durante la facies E. Este estrato se caracteriza por la presencia de raíces bien conservadas, indicando un ambiente reductor que puede llegar a ser una limitante para la colonización de larvas de quironómidos en la interfase agua-sedimento (Porinchu y MacDonald, 2003; Bay *et al.*, 1966). Esta condición sedimentológica permanecería así desde los 22.227 años cal A.P. hasta los 11.985 años cal A.P. (fecha base y techo de la facies E, respectivamente).

La facies C se desarrolla durante el Holoceno Medio (~6.000 años cal A.P.). Allí se presentan los valores más altos de materia orgánica y de contenido de agua de la secuencia. Persiste la presencia de restos vegetales tales como hojas bien conservadas, correlacionándose con un ambiente de bajas tensiones de oxígeno en el sedimento. Tales condiciones sedimentológicas permiten inferir un ambiente de turbera que estaría relacionado con la presencia de un bosque pantanoso con taxones arbóreos de la familia Myrtaceae (Temu y Pitra) a ese nivel (Abarzúa *et al.*, 2007, inédito). El incremento de las precipitaciones durante esta época, producto de una mayor frecuencia de eventos de El Niño (Abarzúa *et al.*, 2004) permitirían a los quironómidos habitar la turbera en forma

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

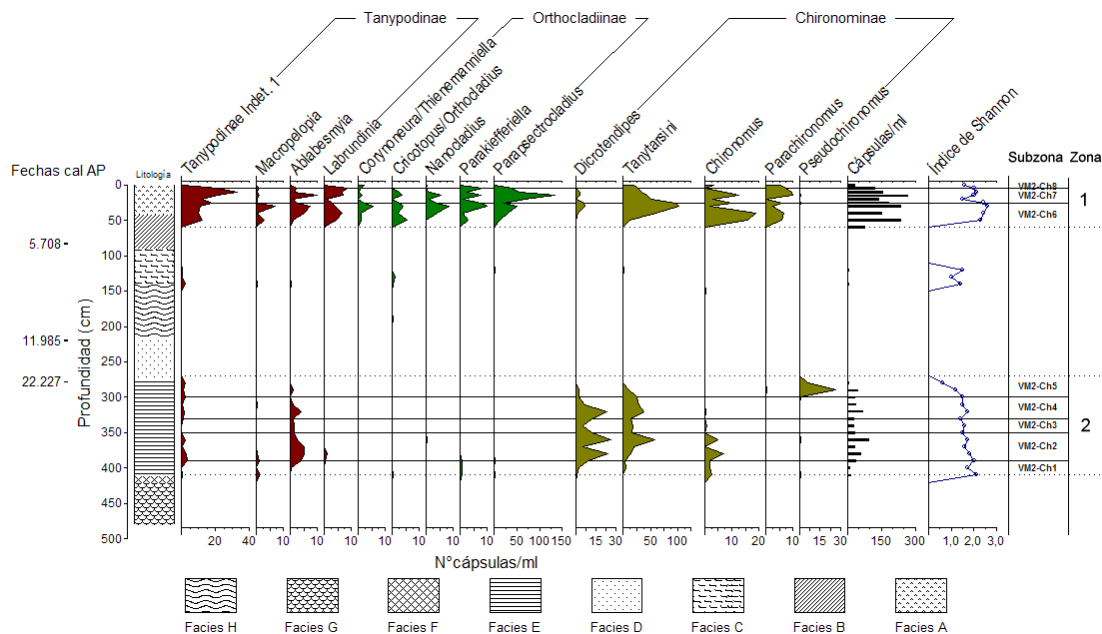


Fig. 2. Secuencia de quironómidos del pantano El Valle. Sólo se representan los taxones dominantes.

esporádica durante las fuertes inundaciones de ésta. Pero la limitada cantidad de cápsulas encontradas y el posible ambiente reductor del estrato indican su limitada colonización.

La desaparición de restos de hoja durante la facies B (fecha base 5.708 años cal A.P.) sería a causa del aumento de nivel del agua por la intensificación de los eventos de El Niño, provocando así un retroceso en la vegetación. No obstante, esta interpretación no explica la ausencia de restos de quitina en un ambiente de depositación donde el período de lluvias originaría un lugar ideal para el desarrollo de las larvas. La presencia de raíces con rastros de oxidación indicaría períodos de desecamiento, posiblemente en época estival donde bajaría el nivel del agua y la vegetación acuática quedaría expuesta a la atmósfera. Además, la presencia de depósitos biogénicos de diatomeas originados por posibles perturbaciones en el sedimento (Vega, 2008) abre la posibilidad de la pérdida del registro de quironómidos.

La Zona 2 de quironómidos se desarrolla en toda la facies A. Su distribución relativamente uniforme en el perfil, desde el inicio de la facies, y la ausencia de restos de raíces con rastros de oxidación se interpretan como un aumento del nivel del agua en un área de inundación permanente. Esto se puede ejemplificar, en la actualidad, con un pantano que no se seca en período estival a pesar de que sus aguas se originan a partir de la lluvia y percolación. *Parapsectrocladius*, *Labrundinia*, *Chironomus*, *Parachironomus*, *Cricotopus/Orthocladus* y la tribu Tanytarsini son los taxones dominantes para el comienzo de la secuencia. Todos pueden presentarse en sistemas lénticos, ambientes litorales (asociados a macrófitas), someros y aguas estancadas (Rück *et al.*, 1998; Ruiz *et al.*, 2006; Massaferro *et al.*, 2002; Cranston, 2000). La gran mayoría también puede soportar amplios gradientes de temperaturas, lo que constituiría una ventaja en verano, cuando las temperaturas suben afectando principalmente al estrato superficial del agua. La presencia de elementos fríos como *Parakiefferiella* y Tanytarsini (Corley y Massaferro, 1998) puede deberse a los inviernos en la zona, que surten al pantano de agua oxigenada al sistema.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Entre los 25 y 20 cm de profundidad, *Parapsectrocladius* experimenta un aumento significativo y el grupo Tanytarsini un descenso (Fig. 2), lo que podría estar vinculado a alguna perturbación en el sistema debido a que la diversidad disminuye medio punto. Este fenómeno podría coincidir con la llegada de los españoles y la implantación de los modelos productivos europeos en la zona (agricultura y ganadería), modificando abruptamente el paisaje debido a la rápida expansión de éstas actividades en el valle (Torrejón y Cisternas, 2002). A partir de esto, el pantano podría haber experimentado cambios en la composición físico-química del agua, a lo que se suman disminuciones del nivel de esta debido al abastecimiento de los cultivos que estaban siendo intensificados. Así, la explosión de *Parapsectrocladius* y la disminución de la tribu Tanytarsini pudieron haber ocurrido como consecuencia de un uso más intensivo del suelo en los alrededores de la zona de estudio, debido al aporte de nutrientes al pantano. Sin embargo la falta de información ecológica del género (ej: interacciones interespecíficas) y de fechados en el estrato impiden profundizar esta posibilidad.

Esta investigación ha demostrado la gran herramienta que resulta ser el estudio del ensamble de quironómidos a pesar de la escasa información de esta familia en Chile. Los resultados revelan importantes variaciones del nivel de agua desde el término de la glaciación Llanquihue hasta el presente, es decir, desde la existencia de un lago en el Último Máximo Glacial que se convierte en un bosque pantanoso durante el Holoceno medio y que da lugar a un cuerpo de agua pantanoso en el Holoceno tardío.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada parcialmente por los proyectos Araucanian Polity Formation in Chile BSN-34567-04, National Science Foundation (T. Dillehay) y P04-065F de la Iniciativa Científica Milenio de MIDEPLAN (M. Pino).

Referencias

- Abarzúa, A. M.; Gajardo, A.; Jarpa, L.; Martel-Cea, A.; Vega, R.; Pino, M. 2007. Informe Trabajo Realizado Valle de Purén-Lumaco. Instituto de Geociencias. Universidad Austral de Chile. Manuscrito, 14 p. Inédito.
- Abarzúa, A. M.; Villagrán, C.; Moreno, P. I. 2004. Deglacial and postglacial climate history in east-central Isla Grande de Chiloé, southern Chile (43°S). *Quaternary Research* 62: 49-59.
- Bay, E. C.; Ingram, A. A.; Anderson, L. D. 1966. Physical factors influencing chironomid infestation of water-spreading basins. *Annals of the Entomological Society of America* 59: 714-717.
- Corley, J. C.; Massaferro, J. I. 1998. Long term turnover of a fossil community of chironomids (Diptera) from Lake Mascardi (Patagonia, Argentina). *Journal of the Kansas Entomological Society* 71: 407-413.
- Cranston, P. 2000. *Parapsectrocladius*: a new genus of Orthoclaadiinae Chironomidae (Diptera) from Patagonia, the southern Andes. *Insect Systematic and Evolution* 31: 103-120.
- Lamy, L.; Hebblen, D.; Wefer, G. 1999. High-resolution marine record of climatic change in mid-latitude Chile during the last 28,000 years based on terrigenous sediment parameters. *Quaternary Research* 51: 83-93.
- Levesque, A. J.; Cwynar, L. C.; Walter I. R. 1997. Exceptionally steep north-south gradients in lake temperatures during the last deglaciation. *Nature* 385: 423-426.
- Massaferro, J.; Brooks, S. J.; Jackson, K. A. 2002. Estudio preliminar de la distribución de las comunidades de quironómidos (Diptera: Chironomidae) en el Parque Nacional Laguna San Rafael (46°S), Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 51: 123-134.
- Porinchu, D. F.; MacDonald, G. M. 2003. The use and application of freshwater midges (Chironomidae: Insecta: Diptera) in geographical research. *Progress in Physical Geography* 27: 378-422.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Rück, A.; Walker, I. R.; Hebda, R. 1998. A paleolimnological study of Tugulnuit Lake, British Columbia, Canada, with special emphasis on river influence as recorded by chironomids in the lake's sediment. *Journal of Paleolimnology* 19: 63-75.
- Ruiz, Z.; Brown, A. G.; Langdon, P. G. 2006. The potential of chironomid (Insecta: Diptera) larvae in archaeological investigations of floodplain and lake settlements. *Journal of Archaeological Science* 33: 14-33.
- Torrejón, F.; Cisterna, M. 2002. Alteraciones del paisaje ecológico araucano por la asimilación mapuche de la agroganadería hispano-mediterránea (siglos XVI y XVII). *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 729-736.
- Vega, R. 2008. Historia Ambiental del Valle Purén-Lumaco (38°S) durante el Cuaternario: una aproximación sedimentológica. Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias Biológicas, Escuela de Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile, 55 p.
- Walker, I. R.; Mathewes R. W. 1989. Chironomidae (Diptera) remains in surficial lake sediments from the Canadian Cordillera: analysis of the fauna across an altitudinal gradient. *Journal of Paleolimnology* 2: 61-80.

PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS

LOS PECES TELEÓSTEOS JURÁSICOS, SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA E IMPORTANCIA FILOGENÉTICA

Gloria Arratia

Biodiversity Research Center, University of Kansas, Dyche Hall,
Lawrence, Kansas 66045-7561, USA, garratia@ku.edu

Los peces teleósteos (Teleostei), con aproximadamente 27.000 especies vivientes, son el grupo más diversificado no sólo de peces sino que también de vertebrados (Nelson, 2006). Ellos habitan todos los ambientes acuáticos, desde grandes océanos a pequeños arroyos, en aguas turbias (ambientes pantanosos) o límpidas (e.g., vertientes) y con gradientes de salinidad y temperatura muy variados. En la actualidad, Teleostei es considerado un grupo monofilético ya que sus miembros comparten ciertas sinapomorfías, entre las cuales se encuentra la presencia de un alargado proceso dorsoposterior en el cuadrado (ver otros caracteres en Arratia, 1999).

El inicio de este grupo, considerado el más exitoso dentro de los vertebrados, es motivo de debate. Para aquellos que sitúan a los peces foliódoriformes (un grupo no monofilético; Arratia, 2000) en la base de Teleostei, los orígenes del grupo se remontarían al Triásico tardío, con aproximadamente una docena de especies distribuidas en Europa y Asia (Arratia, 2004). Para quienes sitúan en la base de Teleostei sólo los teleósteos 'verdaderos' (*Leptolepis coryphaenoides* y teleósteos más avanzados filogenéticamente), el origen se remontaría al Jurásico temprano, con algunas escasas especies distribuidas en Europa y en el norte de Chile. Cuando se incluye a los foliódoridos, diez géneros de peces fósiles se contabilizan en el Jurásico Inferior de Europa (e.g., *Leptolepis*, *Proleptolepis*, *Longileptolepis*), Asia (*Hengnamia*) y América del Sur (cf. *Proleptolepis*). Es durante este período cuando los teleósteos 'verdaderos' (leptolépidos y taxones más avanzados) aparecieron e iniciaron una radiación extraordinaria, en especial en el Jurásico tardío (con más de 40 géneros; Arratia, 2004). En el Jurásico inferior también algunos de los linajes de peces modernos hicieron su aparición, como por ejemplo los elopomorfos (e.g., congrios) y euteleósteos (e.g., bagres, truchas).

Dos importantes centros de origen y diversificación de teleósteos basales tuvieron lugar simultáneamente en el Jurásico temprano: uno en Europa (varias localidades) y otro en América del Sur (norte de Chile, Cordillera de Domeyko) (Arratia, 2004; 2008). Tras un comienzo 'modesto', el desarrollo posterior fue extraordinario porque a fines del Jurásico ya los teleósteos estaban presentes en diferentes continentes. Sin embargo, las especies aparentemente vivieron unos pocos millones de años y su distribución geográfica fue restringida. Ninguno de los géneros de teleósteos jurásicos se ha reconocido en el Cretácico (Arratia, 2004).

Registro fósil sudamericano

La separación inicial entre América del Norte y África (que formaban parte del supercontinente de Pangea) comenzó en el Triásico, y a fines del Jurásico Laurasia estaba, aparentemente, separada en su totalidad de los continentes gondwánicos. En este período, India y Madagascar se empezaron a separar de África. Un ascenso del nivel del mar inundó grandes áreas de los continentes, produciendo mares epicontinentales someros (Smith *et al.*, 1994), lo que fue acompañado por un clima temperado y húmedo que facilitó el desarrollo óptimo de diferentes tipos de faunas (López-Arbarello, 2004).

El conocimiento del registro fósil sudamericano es bastante incompleto. Las localidades mejores conocidas se encuentran en el norte de Chile, por ejemplo, en el Oxfordiano de la Cordillera de Domeyko y Quebrada del Profeta. Los afloramientos con peces fósiles estudiados hasta la fecha son de origen marino y en ellos se ha señalado la

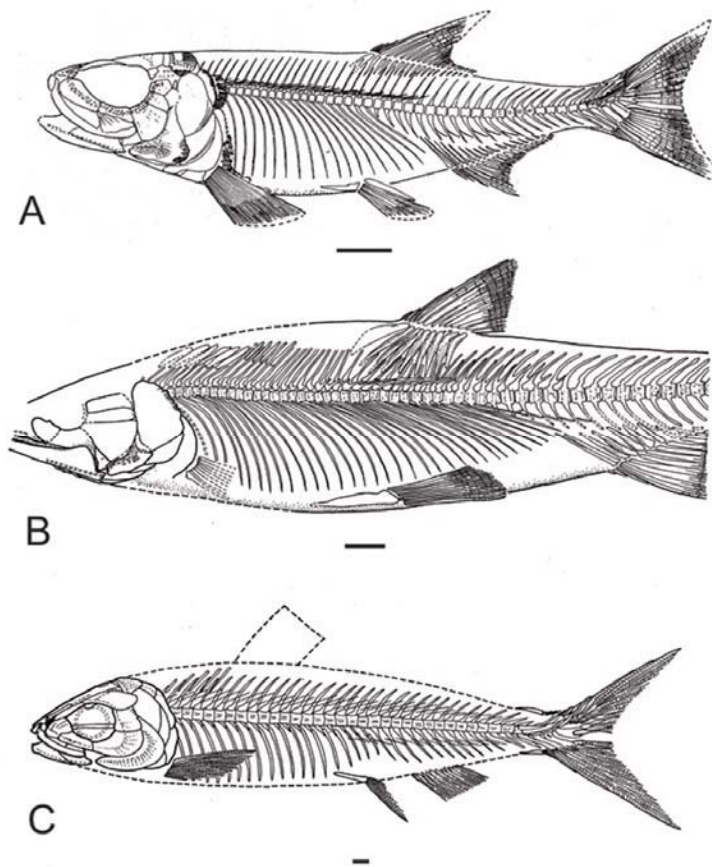


Fig. 1. Reconstrucciones de teleósteos fósiles. A- *Varasichthys ariasi*. B- *Chongichthys dentatus*. Ambos del Oxfordiano, Quebrada del Profeta, norte de Chile. C- *Crossognathus sabaudianus*, del Cretácico inferior de Francia. (Modificado de Arratia, 2008). Escala = 1 cm.

presencia de un posible folidofórido, cinco especies de teleósteos (asignados a la Familia Varasichthyidae; Fig. 1A) y otra especie incluida en la Familia Chongichthyidae (Fig. 1B). La excelente preservación de estos peces, con estructuras tales como neurocráneos, vértebras, músculos conservados en forma tridimensional, ha permitido realizar restauraciones muy completas que han aportado un conocimiento valioso sobre la morfología de los teleósteos basales.

Otras localidades con teleósteos fósiles marinos, pero con una preservación completamente diferente a los de Quebrada del Profeta, se encuentran en el área de Quebrada Vaquillas Altas (Sinemuriano), norte de Chile. Estos peces son más primitivos que los miembros de Varasichthyidae y son conferidos en forma preliminar al género *Proleptolepis*. Este hallazgo es importante desde un punto de vista sistemático y biogeográfico, porque restos asignados a leptolépidos indeterminados han sido recientemente encontrados en el Jurásico de la Península Antártica (Grupo Latady; Hikura y Arratia en prep.). Una síntesis de las especies de teleósteos y otros peces registrados en Chile se puede encontrar en Arratia y Schultze (1999). Otras localidades marinas se encuentran en Argentina (Neuquén) pero sus peces han sido escasamente estudiados (ver Arratia y Cione, 1996). Teleósteos jurásicos de aguas continentales se han recuperado sólo en una localidad en Argentina (Formación Cañadón Calcáreo, Patagonia central; ver López-Arbarello, 2004).

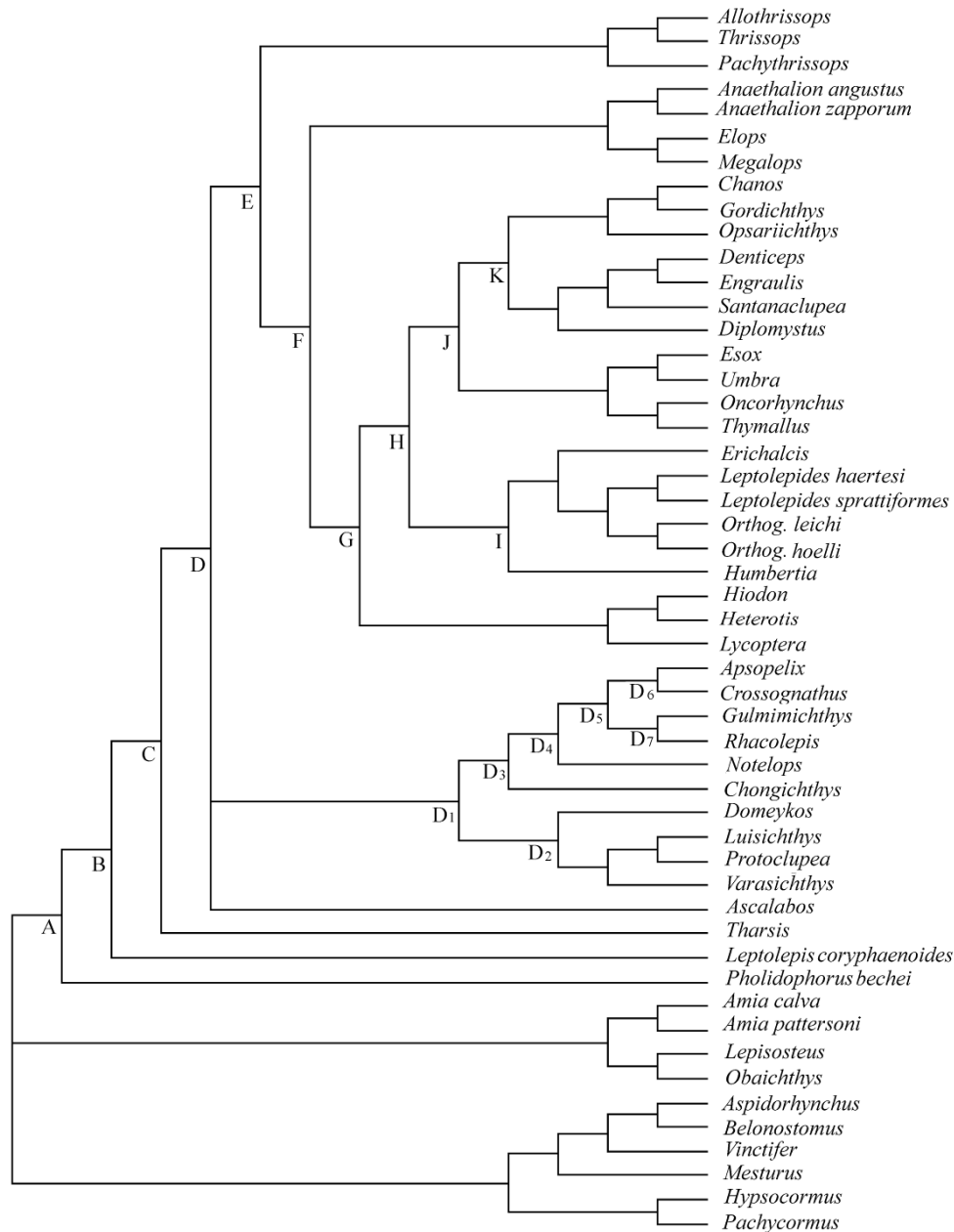


Fig. 2. Hipótesis de relaciones filogenéticas de algunos teleósteos basales fósiles y actuales, usando 194 caracteres. Esquema de consenso a partir de los dos árboles más parsimoniosos; 681 pasos evolutivos. (Según Arratia, 2008, Fig. 7). Nodo D1 corresponde a los Crossognathiformes.

Importancia filogenética de Varasichthyidae y Crossognathiformes

Entre las faunas del Jurásico tardío, los varasíctidos y otros teleósteos ('stem-group') del norte de Chile son especialmente importantes. Ellos ocupan una posición basal en las hipótesis filogenéticas de Teleostei y sus caracteres influyen los análisis filogenéticos del grupo (Arratia, 1997; 1999). Estudios recientes demuestran que los miembros de la Familia Varasichthyidae comparten una serie de sinapomorfías con los crossognathoídeos y pachyrhizodontoídeos. Estos últimos fueron considerados

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

tradicionalmente dentro de los Crossognathiformes, que es uno de los grupos (clados) más grandes de peces marinos cretácicos del Hemisferio Norte, que incluye además algunos taxones encontrados en Brasil. Durante los últimos 30 años los crossognathiformes han recibido diferentes interpretaciones: como Teleostei *incertae sedis*, clupeocéfalos o bien como un grupo no monofilético. En estudios recientes (Arratia, 2008), los miembros de Varasichthyidae y los crossognathoídeos y pachyrhizodontoídeos cretácicos conforman un grupo monofilético (Fig. 2) situado cerca de la base de Teleostei. Considerando la nueva información presentada por Arratia (2008), la Familia Varasichthyidae incluye las formas basales del Orden Crossognathiformes, el que habría experimentado una gran radiación durante el Cretácico hasta finalmente extinguirse completamente en el Paleoceno. Por lo tanto, el rango temporal del orden se extiende ahora desde el Oxfordiano hasta el Paleoceno.

Las relaciones filogenéticas de varasíctidos apoyan, además, la hipótesis de una relación entre América del Sur, América Central y Europa (Bavaria) ('sister-area relationship') durante el Jurásico tardío (Arratia, 1994, 2008).

Referencias

- Arratia, G. 1994. Phylogenetic and paleobiogeographic relationships of the varasichthyid group (Teleostei) from the late Jurassic of central and South America. *Revista Geológica de Chile* (21): 119-161.
- Arratia, G. 1997. Basal teleosts and teleostean phylogeny. *Palaeoichthyologica* 7: 1-168.
- Arratia, G. 1999. The monophyly of Teleostei and stem-group teleosts. Consensus and disagreements. *In* Mesozoic fishes 2 - Systematics and Fossil record (Arratia, G., Schultze, H.-P.; Editors), Verlag Dr. Pfeil: 265-334. München.
- Arratia, G. 2000. New teleostean fishes from southern Germany and the systematic problems concerning the 'pholidophoriforms'. *Paläontologische Zeitschrift* 74 (1/2): 113-143
- Arratia, G. 2004. Mesozoic halecostomes and the early radiation of teleosts. *In* Mesozoic fishes 3 – Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity (Arratia, G.; Tintori, A.; Editors), Verlag Dr. Pfeil: 279-315. München.
- Arratia, G. 2008. The varasichthyids and other crossognathiform fishes, and the break-up of Pangaea. *In* Fishes and the Break-up of Pangaea (Cavin, L., Longbottom, A., Richter, M.; Editors). Geological Society of London, Special Publication (295): 71-92. London.
- Arratia, G.; Schultze, H.-P. 1999. Mesozoic fishes from Chile. *In* Mesozoic fishes 2 - Systematics and Fossil record (Arratia, G., Schultze, H.-P.; Editors.), Verlag Dr. Pfeil: 565-593. München.
- López-Arbarello, A. 2004. The record of Mesozoic fishes from Gondwana (excluding India and Madagascar). *In* Mesozoic fishes 3 – Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity (Arratia, G., Tintori, A.; Editors), Verlag Dr. Pfeil: 597-624. München.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. 4th edition, John Wiley and Sons: 601 p. Hoboken, New Jersey.
- Smith, A. G.; Smith, D. G.; Funnell, B. M. 1994. *Atlas of Mesozoic and Cenozoic Coastlines*. Cambridge University Press: 99 p. Cambridge.

DIENTES FÓSILES DE TIBURONES Y RAYAS PRESENTES EN EL ÁREA DE LA BAHÍA DE CONCEPCIÓN, VIII REGIÓN, CHILE CENTRAL

Carlos Muñoz-Ramírez¹, Hugo Moyano², Sylvia Palma-Heldt³

¹Programa de Magister en Ciencias mención Zoología, Departamento de Zoología, Universidad de Concepción, carlomunoz@udec.cl. ²Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. ³Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción, sypalma@udec.cl

Introducción

La subclase Elasmobranchii agrupa a todos los tiburones y rayas, y junto con las quimeras (subclase Holocephali) forman la clase Chondrichthyes (Welton y Farish 1993). Los primeros restos de elasmobranquios fósiles en el área de la bahía de Concepción fueron dados a conocer por Philippi (1887), Wilkens (1904), Wetzel (1930) y Oliver Schneider (1936), a partir de materiales encontrados en afloramientos de la Formación Quiriquina, de edad cretácica superior (Campaniano-Maastrichtiano *sensu* Biró-Bagóczy, 1982; Maastrichtiano *sensu* Stinnesbeck, 1986). El material estudiado por aquellos autores se encuentra perdido (Suárez y Cappetta, 2004), y las descripciones y láminas son poco detalladas.

Recientes trabajos han contribuido a actualizar el conocimiento sobre la elasmofauna del Cretácico Superior de la Formación Quiriquina que aflora en el área de Concepción. Estratos de edad equivalente también se encuentran en Algarrobo (Suárez *et al.*, 2001; Suárez *et al.*, 2003; Suárez y Cappetta, 2004; Muñoz, 2006; Muñoz *et al.*, 2007). Estos estudios dan cuenta de una insospechada diversidad de elasmobranquios, tanto a nivel de géneros, familias y órdenes. Ellos indican ambientes costeros de aguas templado-cálidas a tropicales, en consistencia con el paleoambiente inferido para la Formación Quiriquina a partir de otros grupos taxonómicos, tales como invertebrados (Biró Bagóczy, 1982; Stinnesbeck, 1986; Bandel y Stinnesbeck, 2000) y plantas (Leppe *et al.*, 1998; Palma-Heldt y Quinzio, 2006). Aunque se conocen otras unidades litológicas en el área de la bahía de Concepción, como las formaciones Cosmito, Andalién y Huachipato (Salazar, 2004), sólo se han registrado restos de elasmobranquios en capas pertenecientes a la Formación Quiriquina.

Recientes hallazgos de dientes de elasmobranquios en estratos que afloran en Talcahuano (Muñoz *et al.*, 2007) revelan un ensamble algo diferente al que se encuentra en afloramientos de la Formación Quiriquina (Suárez *et al.*, 2003; Muñoz, 2006; observación personal). Este ensamble se caracteriza por la ausencia de algunos géneros característicos en otras localidades (Ej. *Ischyrrhiza*) y por la presencia de otros géneros exclusivos (Ej. *Palaeohypotodus*). Estas diferencias podrían deberse a un cambio sucesivo de la fauna hacia los niveles superiores de la formación, o bien corresponden a estratos de edad (o incluso de una formación) distinta. Hasta la fecha no se han encontrado fósiles de otros grupos taxonómicos en este afloramiento. El principal objetivo de este trabajo es sintetizar el conocimiento acerca de los elasmobranquios presentes en la Bahía de Concepción y alrededores, incluyendo nuevos registros, y discutir acerca de la edad del afloramiento situado en Talcahuano, antes mencionado.

Localidades

Los restos fósiles de elasmobranquios (tiburones y rayas) están presentes en varias localidades de la bahía de Concepción donde la Formación Quiriquina está representada por afloramientos extensos: Isla Quiriquina (Playa los Viejos y Las Tablas), Caleta Cocholgüe, Tomé, Lirquén, Bahía de San Vicente y en cerros de Talcahuano (Fig. 1). Son especialmente comunes en niveles basales de arenisca y coquinas, donde se

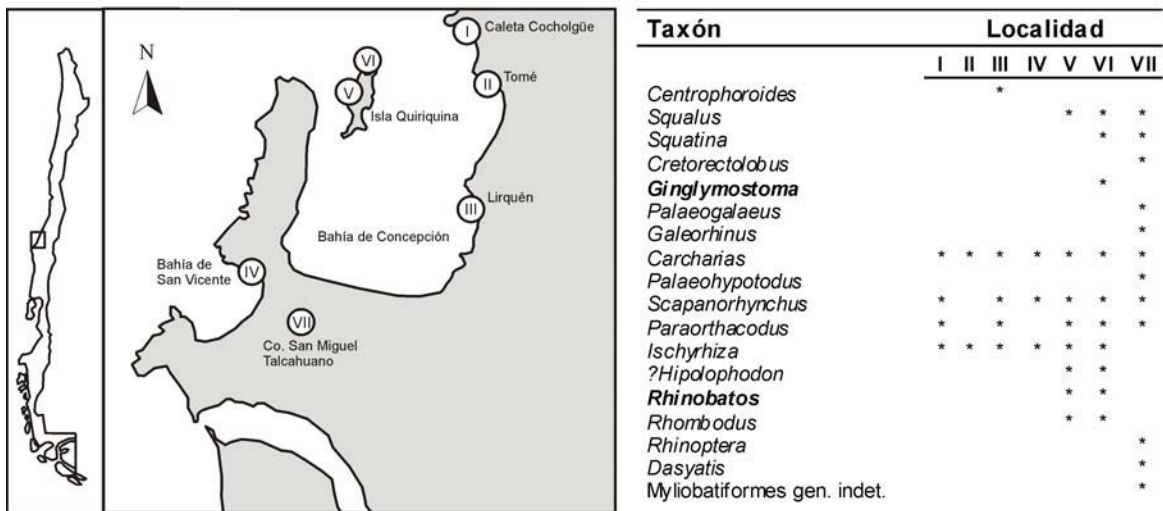


Fig. 1. Izquierda, mapa de la Bahía de Concepción con las principales localidades con dientes fósiles de elasmobranquios. Derecha, listado de géneros y su presencia en las distintas localidades. En negrita, nuevos registros aportados en este trabajo.

encuentran asociados con abundantes fósiles de invertebrados tales como *Cardium acuticostatum* y *Baculites* sp. En cuanto a riqueza de especies, las localidades más importantes son Playa los Viejos y Playa las Tablas (ambas en Isla Quiriquina), así como el afloramiento en el cerro San Miguel en Talcahuano. Estas localidades contienen, en conjunto, casi el 95% de todos los géneros registrados para el área de la bahía de Concepción.

La paleoelasmofauna

Hasta la fecha se han registrado 13 familias de tiburones y rayas fósiles en el área de la bahía de Concepción, sobre la base de piezas dentales. Estas son las familias de tiburones Squalidae, Squatinidae, Orectolobidae, Ginglymostomatidae, Triakidae, Odontaspidae, Mitsukurinidae, Palaeospinacidae, y las de los Batoideos Sclerorhynchidae, Rhinobatidae, Rhombodontidae, Dasyatidae, y Rhinopterae. La familia Ginglymostomatidae es registrada por primera vez en este trabajo. Los géneros más frecuentes de tiburones son *Carcharias* y *Scapanorhynchus*. En cuanto a las rayas sierra, los miembros del género *Ischyrhiza* dominan en casi todas las localidades. Por otro lado, son poco frecuentes los tiburones de los géneros *Centrophoroides*, *Squalus*, *Squatina* y *Ginglymostoma*, y las rayas pertenecientes a *Rhombodus* y *Dasyatis*. En total, se han mencionado al menos 18 géneros (Suárez *et al.*, 2001; Suárez *et al.*, 2003; Suárez y Cappetta, 2004; Muñoz, 2006; Muñoz *et al.*, 2007; este trabajo), lo que evidencia una alta riqueza a nivel genérico y consecuentemente de especies (Fig. 1).

Material recolectado en fecha reciente en Playa las Tablas ha permitido identificar por primera vez los géneros *Ginglymostoma* y *Rhinobatos* en la Formación Quiriquina (Fig. 2 A-C). Además, permite validar la presencia de *Rhombodus* (Fig. 2 D, E), mencionado por primera vez por Wetzel (1930) y cuyo registro fue cuestionado por Oliver Schneider (1936) y Muñoz (2006). Estas piezas están conservadas en la colección paleontológica del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción.

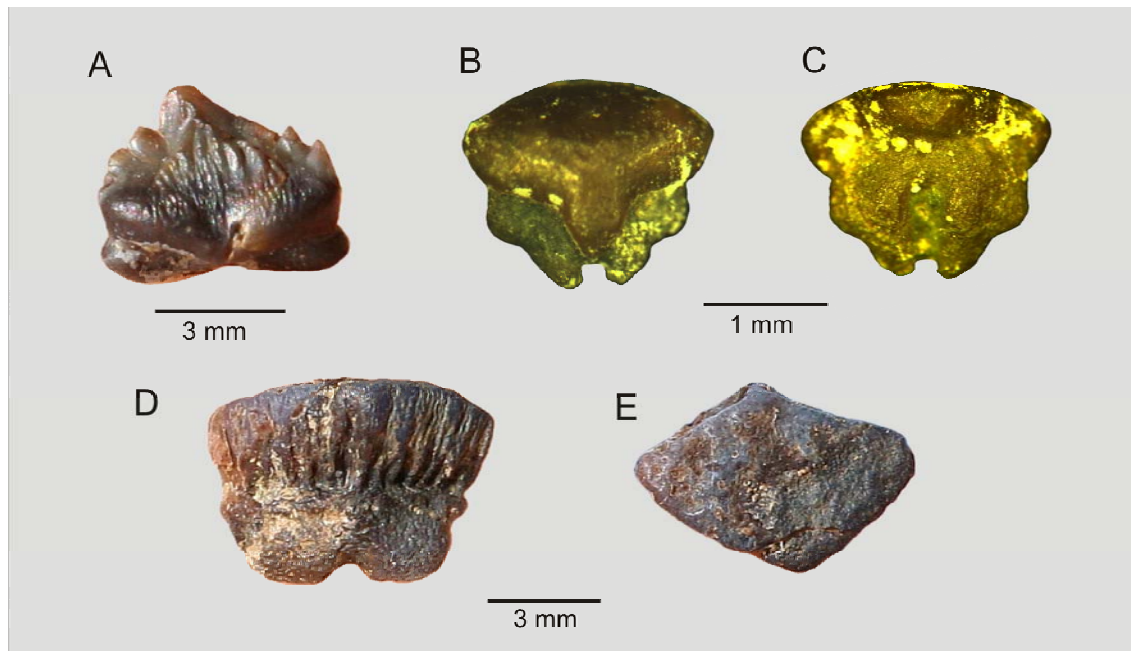


Fig. 2. A: CPUC Q/3595, *Ginglymostoma* sp., vista labial. B-C: CPUC Q/3596, *Rhinobatos* sp., B- vista lingual, C- vista labial. D-E: CPUC Q/3597, *Rhombodus* sp., D- vista lingual, E- vista oclusal.

La edad del afloramiento del cerro San Miguel en Talcahuano

En los cerros de Talcahuano se exponen capas pertenecientes a dos unidades sedimentarias diferentes: la Formación Quiriquina (Cretácico Superior, Maastrichtiano), cubierta en paraconformidad por la Formación Cosmito (Eoceno; Galli, 1967) (Salazar, 2004). Sin embargo, el contacto entre ambas suele ser difícil de precisar.

En el cerro San Miguel, frente a la Villa San Martín, se expone un afloramiento con características litológicas afines a la Formación Cosmito, donde recientemente se ha encontrado una diversa fauna de elasmobranquios (Muñoz *et al.*, 2007). En cambio, se carece aún de restos de otros organismos que pudieran aportar información acerca de la edad de estas capas. Sin embargo, algunos antecedentes sugieren una edad diferente a la de los estratos de la Formación Quiriquina.

El ensamble está compuesto por géneros de amplio rango estratigráfico, como *Carcharias* y *Paraorthacodus*. En cambio, la identificación del odontaspídido *Palaeohypotodus* (conocido sólo en formaciones de edad paleocena en Europa, África y Groenlandia; Cappetta, 1987) y de *Rhinoptera* (Paleoceno-Reciente) permiten sugerir una edad paleocena. También se encuentran representantes de *Paraorthacodus*, conocidos entre el Jurásico Superior y el Paleoceno. Por otro lado, no se han encontrado taxones típicamente cretácicos, tales como *Rhombodus* e *Ischyrhiza*. Estos antecedentes hacen necesario revisar la asignación de otras piezas a los géneros cretácicos *Scapanorhynchus* y *Cretorectolobus*. Es conocida la dificultad para identificar a estos grupos con seguridad, ya que diferentes taxones muestran un gran parecido producto de hábitos de vida convergentes (Cappetta, 1987; Welton y Farish, 1993; Kent, 1994).

De ser corroborada la edad paleocena para el afloramiento del cerro San Miguel, la edad de la Formación Cosmito, hasta ahora asignada al Eoceno (Galli, 1967), deberá ser reevaluada.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Conclusiones

En el área de la bahía de Concepción se encuentra una rica paleofauna de elasmobranquios que estaría integrada en especial por un ensamble del Cretácico Superior (Maastrichtiano, Fm. Quiriquina), presente en la mayoría de las localidades de dicha área, y por otro posiblemente del Paleoceno, restringido hasta la fecha al Cerro San Miguel de Talcahuano. Este último ensamble provendría de estratos de la Formación Cosmito, unidad hasta ahora asignada al Eoceno. Se requiere revisar con mayor detalle los aspectos taxonómicos de esta última asociación, con énfasis en aquellos grupos de difícil identificación, para corroborar la edad propuesta. De ser efectiva, se trataría del primer registro de elasmobranquios del Paleoceno en nuestro país, el que contribuiría notablemente al entendimiento de los patrones biogeográficos de este grupo.

Agradecimientos

Nuestros agradecimientos al Dr. L. Alberto Cione (Museo de la Plata, Argentina), por sus valiosos comentarios, y a Christian Muñoz (Universidad de Concepción) por su apoyo y útiles sugerencias. Alfonso Rubilar R. (SERNAGEOMIN) aportó sugerencias al borrador de este trabajo.

Referencias

- Bandel, K.; Stinnesbeck, W. 2000. Gastropods of the Quiriquina Formation (Maastrichtian) in Central Chile: Paleobiogeographic data and the description of a few new taxa. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1(7-8): 1-32 (1999).
- Biró-Bagóczy, L. 1982. Revisión y redefinición de los 'Estratos de Quiriquina', Campaniano-Maastrichtiano, en su localidad tipo, en la Isla Quiriquina, 36°37' Lat. Sur, Chile, Sudamérica, con un perfil complementario en Cocholgue. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 3, Actas 1: 29-64. Concepción.
- Cappetta, H. 1987. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii, Chondrichthyes II. *In* Handbook of Paleichthyology (Schultze, H. P.; Editor). Gustav Fisher Verlag (3B): 193 p.
- Galli, C. 1967. Geología Urbana y suelo de fundación de Concepción y Talcahuano, Chile. Universidad de Concepción: 248 p. Concepción.
- Kent, B. 1994. Fossil Sharks of the Chesapeake Bay Region. Egan Rees and Boyer, Inc.: 146 p. Columbia, Maryland.
- Leppe, M.; Ruiz, K. B.; Palma-Heldt, S. 1998. Interpretación paleoambiental de la Formación Quiriquina sobre la base de antecedentes paleobotánicos. *Noticiero de Biología* 6 (5): 75.
- Muñoz-Ramírez, C. 2006. Tiburones y rayas del Cretácico Superior de la Formación Quiriquina, Chile Central. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Seminario de Título (Inédito), Universidad de Concepción: 76 p.
- Muñoz-Ramírez, C.; Zambrano, P.; Montoya, G.; Moyano, H. 2007. Dientes de tiburones y rayas (Chondrichthyes, Elasmobranchii) de la Formación Quiriquina aflorante en Talcahuano, Chile Central. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 78: 7-22.
- Oliver Schneider, C. 1936. Comentarios sobre los peces fósiles de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 40: 306-323.
- Palma-Heldt, S.; Quinzio, L. 2006. Aporte de la Palinología al conocimiento del Límite Cretácico-Paleógeno en la cuenca de Arauco, VIII Región, Chile. *In* Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, No. 9, Actas: 231. Córdoba.
- Philippi, R. A. 1887. Los fósiles terciarios i cuartarios de Chile. Imprenta de F.A. Brockhaus: 236 p. Leipzig.
- Salazar, C. 2004. Ammonites del Maastrichtiano de la Formación Quiriquina, VIII Región del Bío-Bío, Chile: Sistemática, bioestratigrafía y afinidades paleobiogeográficas. Memoria para optar al Título de Geólogo (Inédito), Universidad de Concepción: 184 p.
- Stinnesbeck, W. 1986. Faunistic and paleocological conditions of the Quiriquina Formation (Maastrichtian) of central Chile. *Palaeontographica* A(194): 99-237.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Suárez, M.E. 2001. Fossil fish faunas from the Quiriquina Formation, Late Cretaceous (Maastrichtian) of Chile, South America. *In* International Meeting on Mesozoic Fishes, No. 3, Actas: 59. Serpiano-Monte San Jorge.
- Suárez, M. E.; Cappetta, H. 2004. Sclerorhynchid teeth (Neoselachii, Sclerorhynchidae) from the Late Cretaceous of the Quiriquina Formation, central Chile. *Revista Geológica de Chile* 31(1): 89-103.
- Suárez, M. E.; Marquardt, C. 2003. Revisión preliminar de las faunas de peces elasmobranquios Mesozoicos y Cenozoicos de Chile: Su valor como indicadores cronoestratigráficos. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 10, Actas, Sección temática 3. (CDRom). Concepción.
- Welton, B. J; Farish, R. F. 1993. The Collector's Guide to Fossil Sharks and Rays from the Cretaceous of Texas. *Before Time*: 192 p. Lewisville.
- Wetzel, W. 1930. Die Quiriquina-Schichten als Sediment und paläontologischen. *Palaeontographica* A(3): 49-106.
- Wilkens, O. 1904. Revision der Fauna der Quiriquina-Schichten. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 18: 181-284.

PRIMER REGISTRO DE TIBURÓN ESPINOSO (SQUALIFORMES; ECHINORHINIDAE) EN EL CRETÁCICO SUPERIOR (MAASTRICHTIANO) DE CHILE Y SUDAMÉRICA

Rodrigo A. Otero¹; Mario E. Suárez²

¹Laboratorio de Zoología de Vertebrados, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Las Palmeras 3425, Ñuñoa, Santiago

²Museo Paleontológico de Caldera, Av. Wheelwright 001, Caldera

Introducción

El tiburón espinoso (género *Echinorhinus* de Blainville, 1816) es un pez cartilaginoso que habita en aguas oceánicas de mediana profundidad. Se caracteriza por presentar una forma alargada, con aletas cortas y abundantes dentículos dérmicos a lo largo de todo el cuerpo. En la actualidad existen dos especies: *Echinorhinus brucus* (Bonaterre), en el margen Atlántico y oeste del Pacífico, y *E. cookei* Pietschmann, en el Océano Pacífico (Musick *et al.*, 2003). El registro más temprano del género se remonta al Albiano (Adnet y Cappetta, 2001), seguido por su hallazgo en el Cretácico (Campaniano-Maastrichtiano) de Angola (Antunes y Cappetta, 2002). Durante el Cenozoico se conocen aproximadamente una decena de especies en el entorno Atlántico y en las costas orientales del Océano Pacífico, tanto en los hemisferios Norte como Sur. A la fecha, en Sudamérica existían sólo dos registros del género, correspondientes a la especie *Echinorhinus pozzii* Ameghino, del Oligoceno-Mioceno temprano de Argentina (Arratia y Cione, 1996) y *Echinorhinus* sp., en el Mioceno tardío-Plioceno de la Formación Bahía Inglesa, Chile (Suárez *et al.*, 2004). En el presente trabajo se dan a conocer nuevos materiales fósiles provenientes del Cretácico Superior de Chile, los cuales representan la primera evidencia de tiburones espinosos en el Mesozoico de Sudamérica. Estas piezas forman parte de la Colección Paleontología de Vertebrados, del Museo Nacional de Historia Natural (Chile).

Contexto geológico

Los materiales estudiados fueron recolectados al sur de la localidad de Algarrobo, en los Estratos de la Quebrada Municipalidad (Gana *et al.*, 1996) (Fig. 1). Esta unidad sobreyace a rocas intrusivas (Muñoz Cristi, 1964), a las cuales se atribuye una edad pérmica, según dataciones radiométricas (Hervé *et al.*, 1988). Los Estratos de la Quebrada Municipalidad corresponden a una discreta sucesión de origen marino transgresivo, que alcanza unos 40 metros de potencia en su máxima exposición. Consiste principalmente en niveles de areniscas, frecuentemente glauconíticas y con diferente nivel de compactación y dureza (Fig. 2). También muestra intercalaciones de niveles conglomerádicos y abundante fauna de invertebrados (Philippi, 1887; Tavera, 1980), vertebrados (Brito y Suárez, 2003; Suárez *et al.*, 2003; Suárez y Cappetta, 2004) y madera carbonizada (T. Torres, pers. obs.), todo lo cual ha permitido asignarle una edad campaniano tardío-maastrichtiana temprana. El material fósil aquí documentado proviene de la parte alta de la unidad, a la que se asignó una edad maastrichtiana temprana. Suprayacente y en contacto de discordancia erosiva se encuentran los Estratos de Algarrobo (Gana *et al.*, 1996). Esta sucesión está integrada principalmente por areniscas de grano y compactación variables, muy fosilíferas y con abundantes concreciones en varios niveles. Alcanza unos 150 m de espesor y se interrumpe por una falla inferida hacia el oeste. Los Estratos de Algarrobo son asignados al Eoceno medio-Eoceno tardío, sobre la base de su fauna fósil de gastrópodos y bivalvos (Brüggen, 1915; Tavera, 1980).

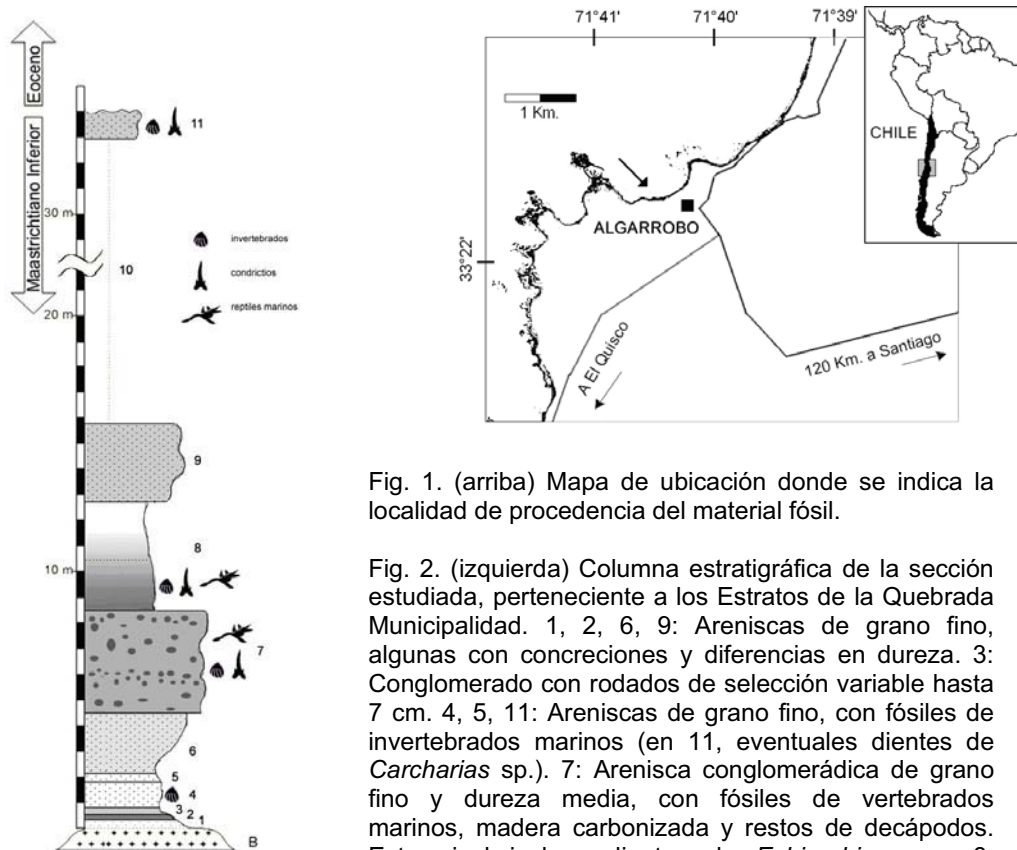


Fig. 1. (arriba) Mapa de ubicación donde se indica la localidad de procedencia del material fósil.

Fig. 2. (izquierda) Columna estratigráfica de la sección estudiada, perteneciente a los Estratos de la Quebrada Municipalidad. 1, 2, 6, 9: Areniscas de grano fino, algunas con concreciones y diferencias en dureza. 3: Conglomerado con rodados de selección variable hasta 7 cm. 4, 5, 11: Areniscas de grano fino, con fósiles de invertebrados marinos (en 11, eventuales dientes de *Carcharias* sp.). 7: Arenisca conglomerádica de grano fino y dureza media, con fósiles de vertebrados marinos, madera carbonizada y restos de decápodos. Este nivel incluye dientes de *Echinorhinus* sp. 8: Arenisca de grano fino, compacta, muy dura, con fósiles de invertebrados marinos y restos de madera. 10: Sin afloramiento. Qe: Arenas actuales no consolidadas.

Sistemática paleontológica

Clase CHONDRICHTHYES Huxley, 1880
 Subclase ELASMOBRANCHII Bonaparte, 1838
 Subcohorte NEOSELACHII Compagno, 1977
 Orden SQUALIFORMES Goodrich, 1909
 Familia ECHINORHINIDAE Gill, 1862
 Género *Echinorhinus* de Blainville, 1816

***Echinorhinus* sp.**

Fig. 3

Materiales. SGO-PV-6630-6632; tres dientes incompletos.

Proveniencia estratigráfica. Estratos de la Quebrada Municipalidad, Maastrichtiano tardío.

Descripción. Dientes con cúspide principal bien desarrollada, inclinada distalmente, borde cortante incipientemente aserrado en la porción anterior; cúspides accesorias escasamente desarrolladas o ausentes; raíz de forma relativamente rectangular, comprimida labio-lingualmente, con dos surcos nutricios mediales en la cara lingual.

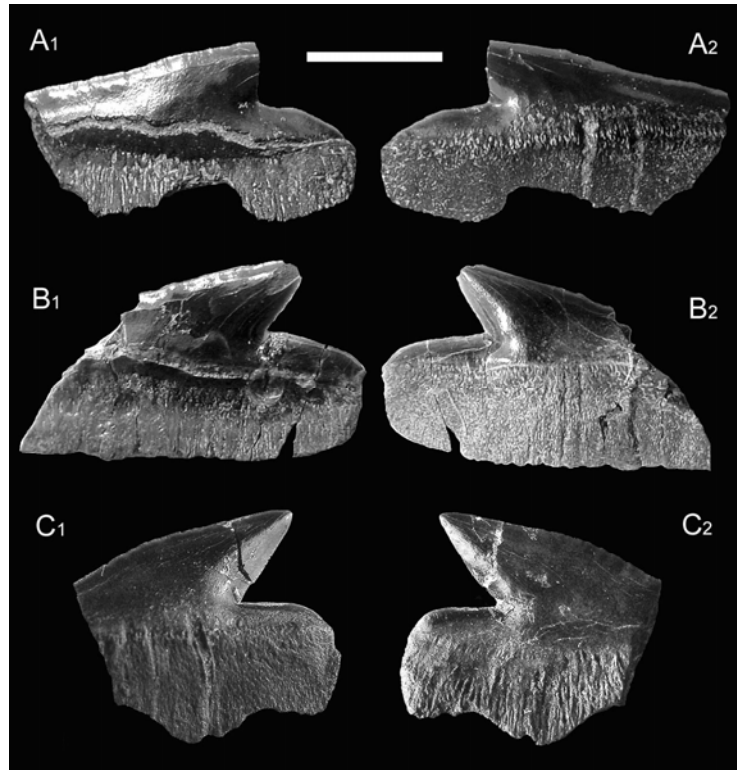


Fig. 3. A-C: SGO-PV-6630-6632, *Echinorhinus* sp., dientes laterales. A₁, B₁, C₁- vista lingual, A₂, B₂, C₂- vista labial. Maastrichtiano temprano. Escala = 5 mm.

Discusión y conclusiones

Al examinar la morfología dental de las dos especies actuales de tiburones espinosos (*E. cookei* y *E. brucus*) es posible apreciar que el desarrollo de las cúspides laterales de los dientes se encuentra directamente vinculado al estado ontogenético del individuo. En efecto, al ser comparados con especímenes adultos, los dientes de ejemplares juveniles en ambas especies vivientes presentan una marcada reducción en el tamaño de sus cúspides laterales, o bien éstas se encuentran ausentes. Al contrario, en individuos adultos, la mayor parte de los dientes presentan una o más cúspides accesorias. Al contrastar la morfología dental de especies fósiles tempranas con especies más recientes, es posible notar similares variaciones morfológicas a las observadas durante la ontogenia de las especies actuales. El registro fósil muestra que las cúspides múltiples corresponden a un carácter derivado. Las escasas especies mesozoicas conocidas carecen de esta morfología, mientras que durante el Paleógeno, representantes como *E. priscus* Arambourg (1952; Eoceno temprano) comienzan a exhibir incipientes cúspides laterales y a partir del Neógeno resultan comunes las especies cuyos individuos adultos poseen dientes multicuspidados. En la actualidad, las dos especies existentes (*E. brucus* y *E. cookei*) muestran la presencia de cúspides laterales.

Respecto a la distribución temporal del género *Echinorhinus*, antes del presente hallazgo la única ocurrencia para el Cretácico Superior corresponde a *Echinorhinus lapaoi* Antunes y Cappetta. Esto convierte al nuevo material en el segundo registro del género para el Cretácico Superior. Se trata además del primer y más antiguo registro de tiburones espinosos en el Mesozoico de Sudamérica, ampliando la distribución cretácica del grupo hasta latitudes subtropicales del Pacífico.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Referencias

- Adnet, S.; Cappetta, H. 2001. A palaeontological and phylogenetical analysis of squaliform sharks (Chondrichthyes: Squaliformes) based on dental characters. *Lethaia* 34: 234-248. Oslo.
- Antunes, M.T.; Cappetta, H. 2002. Selaciens du Cretace (Albien-Maastrichtian) d'Angola: *Palaeontographica A* 264 (5-6): 85-146.
- Arambourg, C. 1952. Les vertébrés fossiles des gisements de phosphates (Maroc-Algérie-Tunisie). *Notes et mémoires du Service Géologique du Maroc* 92: 1-372.
- Arratia, G.; Cione, L. 1996. The Record of Fossil Fishes of Southern South America. *Munchner Geowissenschaftliche Abhandlungen A*(30): 9-72.
- Brito, P. M.; Suárez, M. E. 2003. Late Cretaceous *Belonostomus* (Pisces, Actinopterygii, Aspidorhynchidae) from Algarrobo, Chile, with comments on aspidorhynchid paleodistribution in South America. *Revista Geológica de Chile* 30 (1): 117-127.
- Brüggen, J. 1915. *El Cretáceo de Algarrobo*. Sociedad Imprenta Litográfica Barcelona: 15 p. Santiago-Valparaíso.
- Blainville, H. de 1816. *Prodrome d'une nouvelle distribution systématique du règne animal*. *Bulletin Société Philomathia*: 101-112. Paris
- Gana, P.; Wall, R.; Gutiérrez, A. 1996. Mapa Geológico del área de Valparaíso-Curacaví, Región de Valparaíso y Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico (1): 20 p. Escala 1:100.000. Santiago.
- Hervé, F.; Munizaga, F.; Parada, M.; Brook, M.; Pankhurst, R.; Snelling, N.; Drake, R. 1988. Granitoids of the Coast Range of Central Chile: Geochronology and geological setting. *Journal of South American Earth Sciences* 1 (2): 185-194.
- Muñoz-Cristi, J. 1964. Estudios petrográficos y petrológicos sobre el Batolito de la Costa de las provincias de Santiago y Valparaíso. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, *Anales* 20-21: 9-93.
- Musick, J. A.; Harbin, M. M.; Compagno, L. J. 2003. Historical Zoogeography of the Selachii. *in* *Biology of Sharks and Their Relatives* (J.C. Carrier, J.A. Musick, M.R. Heithaus; Editors), Boca Raton, FL: CRC Press: 33-78.
- Philippi, R. A. 1887. *Los Fósiles terciarios i cuaternarios de Chile*. Imprenta de F. A. Brockhaus: 236 p. Leipzig.
- Suárez, M. E.; Quinzio, L. A.; Fritis, O.; Bonilla, R. 2003. Aportes al Conocimiento de los Vertebrados Marinos de la Formación Quiriquina. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 10, Sesión temática 3, CDRom. Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción.
- Suárez, M. E.; Cappetta, H. 2004. Sclerorhynchid teeth (Neoselachii, Sclerorhynchidae) from the Late Cretaceous of the Quiriquina Formation, central Chile. *Revista Geológica de Chile* 31 (1): 89-103.
- Suárez, M. E., Lamilla, J.; Marquardt, C. 2004. Peces Chimaeriformes (Chondrichthyes, Holocephali) del Neógeno de la Formación Bahía Inglesa (Región de Atacama, Chile) *Revista Geológica de Chile* 31 (1): 105-117.
- Tavera, J. 1980. *Cretáceo y Terciario de la localidad de Algarrobo*. Imprentas Gráficas: 45 p. Conchalí, Santiago.

NUEVOS HALLAZGOS DE VERTEBRADOS MARINOS EN EL CAMPANIANO-MAASTRICHTIANO DE LOANCO, VII REGIÓN

Mario E. Suárez¹; Rodrigo A. Otero²

¹Museo Paleontológico de Caldera, Av. Wheelwright 001, Caldera, Chile.

²Laboratorio de Zoología de Vertebrados, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Las Palmeras 3425, Ñuñoa, Santiago

Introducción

Son escasos los estudios que abordan la presencia de vertebrados marinos en el Cretácico tardío de Loanco. Tavera (1967, inédito) mencionó por primera vez la presencia de plesiosaurios (reptiles marinos) y elasmobranquios (tiburones), estos últimos asignados a '*Rhombodus cf. binkhorsti*'. Posteriormente Tavera (1987, inédito) describió piezas óseas articuladas correspondientes a una aleta, identificada como *Plesiosaurus chilensis* Gay. Otros restos asociados de estos reptiles han sido recuperados en la localidad de Pelluhue (Castillo *et al.*, 1992), ubicada unos 30 km al sur. Posteriormente, Suárez *et al.* (2003) señalaron la presencia de reptiles elasmosáuridos y mosasáuridos, peces teleosteos indeterminados y elasmobranquios identificados como *Carcharias* sp. e *Ischyrrhiza chilensis* (Philippi).

El presente trabajo da cuenta de nuevos hallazgos de reptiles y elasmobranquios, los que aportan nueva evidencia sobre la distribución de vertebrados marinos en la costa de Chile central durante el Cretácico tardío. El material estudiado está conservado en la Colección Paleontología de Vertebrados del Museo Nacional de Historia Natural.

Localidad y contexto geológico

La localidad de Loanco (35° 35" S, 72° 37" W) se ubica a unos 20 km al norte de Chanco y unos 40 km al sur de Constitución (Fig. 1). Dos unidades geológicas pueden ser reconocidas en la zona. Hacia el norte hay una sucesión de areniscas y conglomerados marinos, informalmente denominada aquí como 'Estratos de Loanco', que contienen abundantes fósiles de amonites, bivalvos, decápodos, gastrópodos y en menor frecuencia, escafópodos y vertebrados. La presencia de *Gunnarites* sp. y *Diplomoceras* sp. indicarían una edad campaniano-maastrichtiana (Macellari, 1985). Esta unidad es equivalente a la Formación Quiriquina (Biró-Bagóczy, 1982), en la VIII Región, y correlacionable con la Formación Topocalma (Cecioni, 1980), en la VI Región y con los Estratos de la Quebrada Municipalidad (Gana *et al.*, 1996), en la V Región.

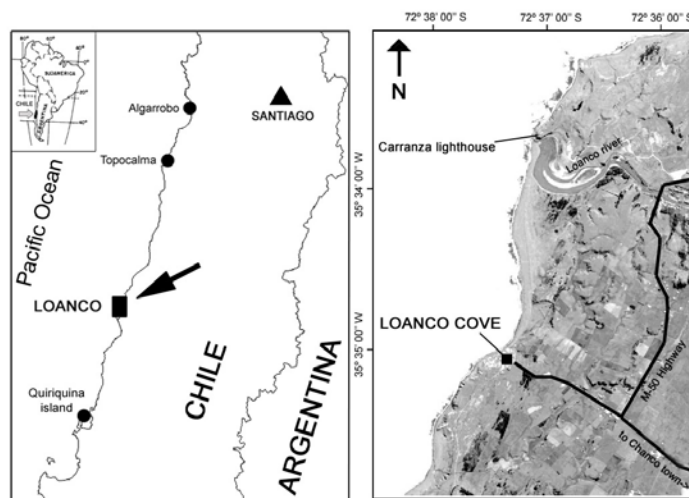


Fig. 1. Mapa geográfico indicando la localidad de Loanco, VII Región.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Sistemática paleontológica

Clase CHONDRICHTYES Huxley, 1880
Subclase ELASMOBRANCHII Bonaparte, 1838
Subcohorte NEOSELACHII Compagno, 1977
Orden SQUALIFORMES Goodrich, 1909
Familia SQUALIDAE Bonaparte, 1834
Género *Centrophoroides* Davis, 1887

***Centrophoroides* sp.**

Fig. 2: B1, B2

Material y caracterización. SGO-PV-6625: diente de sección labio-lingual comprimida, con la corona principal recurvada en sentido posterior. El borde cortante es completo, con un incipiente aserrado en la porción anterior, extendiéndose hasta el talón distal. El esmalte es liso. La raíz es comprimida y de escasa altura, con una base plana.

Familia ECHINORHINIDAE Gill, 1862
Género *Echinorhinus* de Blainville, 1816

cf. *Echinorhinus* sp.

Fig. 2: C1, C2

Material y caracterización. SGO-PV-6626: diente lateral incompleto, del cual sólo se preserva su corona. Esta muestra una forma comprimida en sentido labio-lingual, con la cúspide inclinada en sentido posterior. Carece de cúspides laterales. El esmalte es suave, con algunos agrietamientos. El borde cortante de la corona es completo y su serramiento incipiente.

Superorden BATHOMORPHI Cappetta, 1980
Orden RAJIFORMES Berg, 1940
Familia SCLERORHYNCHIDAE Cappetta, 1974

***Sclerorhynchidae* indet.**

Fig. 2: A1-A3

Material y caracterización. SGO-PV-6627: fragmento de diente rostral que sólo preserva la corona, estando ausente el pedúnculo. La corona es comprimida en sentido dorso-ventral, recurvada posteriormente y con estriaciones bien marcadas en el esmalte. Los bordes cortantes se extienden desde el ápice hacia el pedúnculo tanto en el borde anterior como posterior, y en ambos se bifurca, para posteriormente desvanecerse hacia el pedúnculo.

Género *Biropristis* Suárez y Cappetta, 2004

***Biropristis landbecki* Suárez y Cappetta, 2004**

Fig. 2: D1, D2

Material y caracterización. SGO-PV-6628: diente oral, de forma más ancha que larga, con una corona baja y con una superficie oclusal de forma romboidal. La raíz posee un amplio surco en la base, quedando separada en dos lóbulos, cada uno de base plana y con un formamen nutricional.

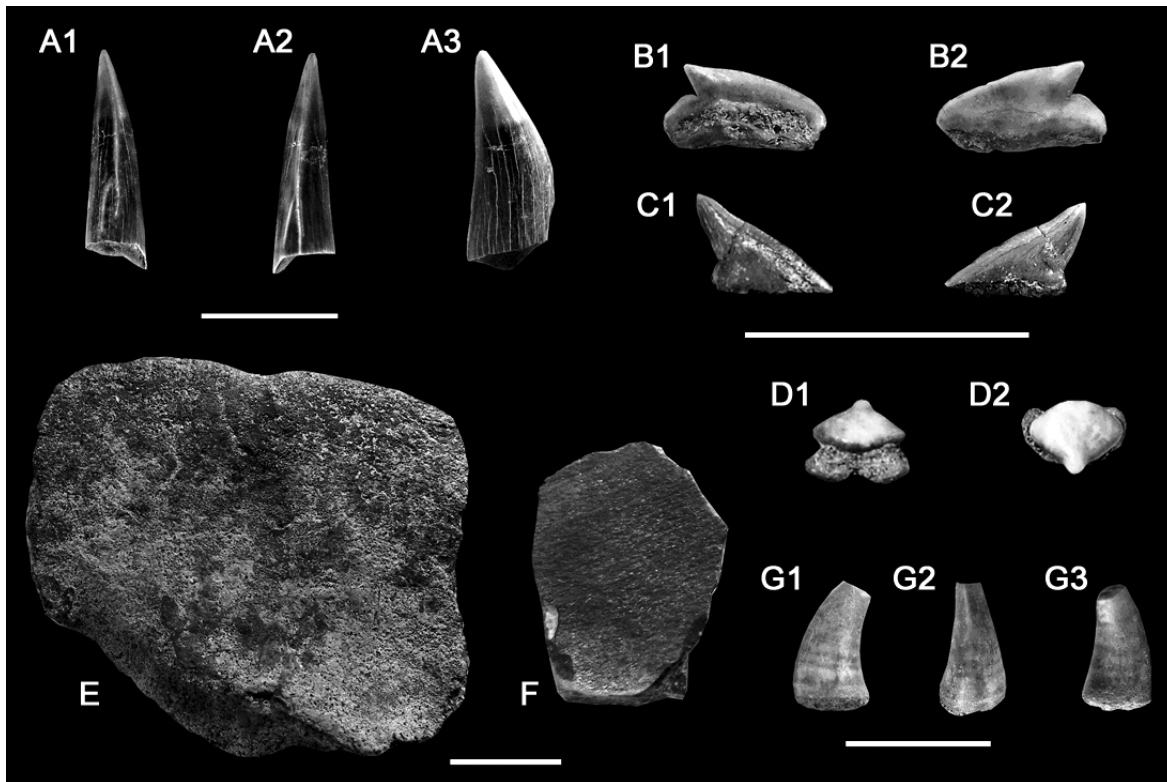


Fig. 2. A: SGO-PV-6627, Sclerorhynchidae indet., fragmento de diente rostral. A1- vista anterior, A2- vista posterior, A3- Vista dorsal. B: SGO-PV-6625, *Centrophoroides* sp., diente lateral, B1- vista lingual, B2- vista labial. C: SGO-PV-6626, *Echinorhinus* sp., diente lateral, C1- vista labial, C2- vista lingual. D: SGO-PV-6628, *Biropristis landbecki* Suárez y Cappetta, diente oral, D1- vista labial, D2- vista oclusal. E: SGO-PV-6503, Chelonioidea indet., placa periférica, vista dorsal. F: SGO-PV-6504: Chelonioidea indet., placa indeterminada, vista dorsal. G: SGO-PV-6629, Mosasauridae indet., diente lateral, G1- vista labial, G2- vista anterior, G3- vista posterior. Escalas = 1 cm.

Clase REPTILIA Linnaeus, 1758
 Subclase ANAPSIDA Osborn, 1903
 Orden TESTUDINES Linnaeus, 1758
 Infraorden CRYPTODIRA (Cope, 1868),
 Parvorden EUCRYPTODIRA Gaffney, 1975a
 Superfamillia CHELONIOIDEA Baur, 1893 (Sensu Hirayama, 1997)

Chelonioidea indet.

Fig. 2: E, F

Materiales y caracterización. SGO-PV-6503: placa periférica de forma cuadrada, con un surco dorsal ancho y poco profundo, el cual continúa hasta el borde distal, dividiendo la placa en dos porciones similares. La placa se engrosa hacia su extremo proximal. SGO-PV-6504: fragmento de placa indeterminada de espesor relativamente constante. Preserva sólo una pequeña parte de su perímetro original.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Subclase DIAPSIDA Osborn, 1903
Superorden SQUAMATA Oppel, 1811
Infraorden PLATYNOTA Baur, 1890
Familia MOSASAURIDAE Gervais, 1853

Mososauridae indet.

Fig. 2: G1-G3

Material y caracterización. SGO-PV-6629: diente de tamaño pequeño y forma recurvada en sentido labial-lingual. El ápice de la corona y la raíz se encuentran ausentes. La corona posee una carena anterior y posterior, sin aserramiento, la cual se desvanece hacia la base. El esmalte muestra finas y profusas estriaciones.

Discusión

Dientes fósiles del género extinto *Centrophoroides* (Davis, 1887), similares al encontrado en Loanco (Fig. 2 B1, B2) han sido previamente reconocidos por Suárez *et al.* (2003) en la Formación Quiriquina, en niveles de edad campaniano-maastrichtiana. Recientemente Muñoz *et al.* (2007) encontraron piezas similares en sedimentos de edad equivalente en la VIII Región, identificándolas como '*Squalus* sp.'. El presente registro de *Echinorhinus* se basa en dientes fragmentarios que preservan rasgos característicos del género, el cual también había sido reconocido en el Cretácico Superior (Maastrichtiano) de Chile central (Otero y Suárez, este volumen). El fragmentario extremo de corona dental asignado a la familia Sclerorhynchidae (Fig. 2 A1-A3) muestra notables diferencias con respecto a la especie *Ischyrhiza chilensis* (Philippi) previamente reportada en el Campaniano-Maastrichtiano de Chile central (Suárez y Marquardt, 2003; Suárez y Cappetta, 2004). La morfología de la porción de diente preservada incluye un borde cortante anterior bifurcado que desaparece hacia su sección más basal y una curvatura coronal más acentuada que en la especie *I. chilensis*, sugiriendo cierta afinidad con el género cenomaniano *Libanopristis* (Cappetta, 1980). Un diente oral (Fig. 2: D1, D2) es idéntico a los dientes orales de la especie de esclerorrínquido *Biropristis landbecki*, previamente registrada en el Maastrichtiano temprano de Chile central (Suárez y Cappetta, 2004). Los reptiles fósiles aquí mencionados comprenden dos placas de una tortuga chelonioidea (Fig. 2: E, F) y un diente de mosasáurido indeterminado (Fig 2 G1-G3). Aún cuando no existen registros previos de quelonios en la localidad de Loanco, el grupo ya había sido reconocido en la Formación Quiriquina (Gasparini y Biró-Bagóczy, 1986) y también en los Estratos de Quebrada Municipalidad, en Algarrobo (Suárez *et al.*, 2003). La morfología del diente de Mososauridae aquí caracterizado es muy similar a la observada en fósiles aún no descritos provenientes del Maastrichtiano de Chile central (M. E. Suárez, obs. pers.)

Conclusiones

Se dan a conocer por primera vez en la localidad de Loanco la presencia de elasmobranquios del género *Centrophoroides*, de la especie *Biropristis landbecki* y de la familia Sclerorhynchidae. A éstos se suma el primer registro de restos de tortugas y un nuevo morfotipo de diente de mosasáurido para la localidad. Los nuevos hallazgos de Loanco complementan el conocimiento acerca de la composición faunística y la paleodistribución de los vertebrados marinos durante el Cretácico Tardío en Chile central.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Referencias

- Biró-Bagóczy, L. 1982. Revisión y redefinición de los 'Estratos de Quiriquina', Campaniano-Maastrichtiano, en su localidad tipo, en la Isla Quiriquina, 36°37' Lat. Sur, Chile, Sudamérica, con un perfil complementario en Cocholgüe. Congreso Geológico Chileno, No. 3, Actas 1: A29-A64. Concepción.
- Castillo, J.; Canto, J.; Álvarez, P. 1992. Nuevo registro de Plesiosauria para el Cretácico Superior en la localidad de Mariscadero, VII Región, Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Noticiario Mensual 323: 28-35.
- Cecioni, G. 1980. Darwin's Navidad embayment, Santiago Region, Chile, as a model of the southeastern Pacific Shelf. *Journal of Petroleum Geology* 2 (3): 309-321.
- Gana, P.; Wall, R.; Gutiérrez, A. 1996. Mapa Geológico del área de Valparaíso-Curacaví, Región de Valparaíso y Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos (1): 20 p. Escala 1:100.000. Santiago.
- Gasparini, Z.; Biró-Bagóczy, L. 1986. *Osteopygis* sp. Reptilla, testudines, toxochelydae, tortuga fósil de la formación Quiriquina, Cretácico Superior, sur de Chile. *Revista Geológica de Chile* 27: 85-90.
- Macellari, C. E. 1985. Paleobiogeografía y edad de la fauna de *Maorites-Gunnarites* (Ammonoidea) del Cretácico Superior de la Antártida y Patagonia. *Ameghiniana* 21(2-4): 223-242.
- Muñoz-Ramírez, C.; Zambrano, P.; Montoya, G.; Moyano, H. 2007. Dientes de tiburones y rayas (Chondrichthyes, Elasmobranchii) de la Formación Quiriquina aflorante en Talcahuano, Chile central. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 78: 7-22.
- Otero, R. A.; Suárez, M. E. (Este volumen). Primer registro de Tiburón Espinoso (Squaliformes: Echinorhinidae) en el Mesozoico de Sudamérica. *In* Simposio – Paleontología en Chile, No. 1, Libro de Actas: 74-77.
- Suárez, M. E.; Quinzio, L. A.; Fritis, O.; Bonilla, R. 2003. Aportes al Conocimiento de los vertebrados marinos de la Formación Quiriquina. Congreso Geológico Chileno, No. 10, Actas (CD-ROM). Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción.
- Suárez, M.E.; Marquardt, C. 2003. Revisión preliminar de las faunas de peces elasmobranquios del Mesozoico y Cenozoico de Chile y comentarios sobre su valor cronoestratigráfico. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 10, Sesión temática 3, CD Rom. Concepción.
- Suárez, M. E.; Cappetta, H. 2004. Sclerorhynchid teeth (Neoselachii, Sclerorhynchidae) from the Late Cretaceous of the Quiriquina Formation, central Chile. *Revista Geológica de Chile* 31 (1): 89-103.
- Tavera, J. 1967. Estudio sobre muestreos paleontológicos practicados en el sector de la costa comprendido entre Constitución y Pelluhue (latitudes 35°21' a 35°47') con una información adicional sobre la existencia de Terciario carbonífero en Cobquecura. Departamento de Geología, Universidad de Chile (Inédito): 38 p.
- Tavera, J. 1987. Informe sobre hallazgo de una extremidad de *Pliosaurus chilensis* Gay en la localidad para la Formación Quiriquina de Faro Carranza (Latitud 35° 36'). Departamento de Geología, Universidad de Chile (Inédito): 18 p.

VERTEBRADOS TERRESTRES DEL MESOZOICO EN CHILE: ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y PERSPECTIVAS

David Rubilar-Rogers¹; Alexander O. Vargas²

¹Área Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, drubilar@mnhn.cl.

²Laboratorio de Biología del Conocer, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile,
Las Palmeras 3425, Ñuñoa, Santiago

Los vertebrados terrestres del Mesozoico chileno están representados principalmente por dinosaurios. Este registro consiste mayoritariamente en icnofósiles o huellas de los principales órdenes de dicho grupo (Theropoda, Sauropoda, Ornithopoda). En cambio, los restos óseos conocidos pertenecen casi exclusivamente a saurópodos del clado Titanosauria (Rubilar-Rogers, 2003). También se cuenta con piezas esqueléticas de otros vertebrados terrestres, tales como pterosaurios, arcosaurios no ornitodiros y tortugas, mientras que el hallazgo de posibles anfibios y lagartos aún no ha sido corroborado. Hasta ahora este registro fósil no incluye otros importantes grupos de vertebrados con representantes en el Mesozoico, tales como los mamíferos.

A continuación se analiza brevemente el registro fósil antes mencionado y se comentan las proyecciones de este campo de estudio en el país.

Amphibia

Restos de un anfibio fósil fueron mencionados por Salinas *et al.* (1991) provenientes del Monumento Natural de Pichasca, en la Región de Coquimbo. El desconocimiento de la localización de estos materiales y la carencia de alguna descripción y/o ilustración impiden establecer la validez de este hallazgo así como precisar su determinación.

Lacerta

Parte del esqueleto de un Lacerta de la familia Teiidae fue mencionado por Salinas *et al.* (1991) proveniente de la Región de O'Higgins. Sin embargo, se desconoce tanto su localización como alguna descripción y/o ilustración, lo que impide validar este registro.

Testudines

Placas de un Testudines han sido documentadas en rocas del Cretácico tardío del Monumento Natural de Pichasca (Casamiquela *et al.*, 1969). Se trata de fragmentos sin ornamentación, de manera que no es posible efectuar una identificación más precisa.

Arcosauria no Ornithodira

Dos especímenes de arcosaurios, uno referido al aetosaurio *Chilenosuchus fortae* (Casamiquela, 1980; Desojo, 2003) y otro aún sin describir (Rubilar *et al.*, 2002) son los únicos registros de vertebrados terrestres en rocas triásicas de Chile. Ambos especímenes provienen de Cerro Quimal, en la Región de Antofagasta, y se encuentran en estratos de origen lacustre (dulceacuícola). Estos fósiles se presentan parcialmente articulados y en excelente estado de conservación. Por otro lado, restos de Crocodilia indet. fueron mencionados para el Cretácico de la Región de Atacama (Salinas *et al.*, 1991).

Pterosauria

Se conocen restos óseos de pterosaurios en tres localidades de las regiones de Antofagasta y Atacama (Salinas *et al.*, 1991). Varios huesos aislados y quebrados fueron encontrados en estratos de la Formación Quebrada Monardes en el cerro La Isla, Región

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

de Atacama. Estos huesos se han fosilizado en tres dimensiones, lo que es inusual en el registro fósil de estos animales. La descripción de unas pequeñas mandíbulas provenientes de dicho yacimiento permitió asignarlos a la familia Ctenochasmodidae (Martill *et al.*, 2006). En la Región de Antofagasta se descubrieron restos asignados originalmente al género *Pterodaustro* (Casamiquela y Chong, 1980), los que se caracterizan por tener dientes con forma de 'barbas' filtradoras. Con posterioridad fueron reasignados a la familia Dsungaripteridae, cuyos miembros sólo eran conocidos en el hemisferio norte (Martill *et al.*, 2000) y presentan dientes romos.

Dinosauria

Theropoda. Se trata de los vertebrados mejor representados por sus huellas o paleoicnitas. Su registro se extiende desde el Jurásico al Cretácico y son conocidos en afloramientos de las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y de O'Higgins (Moreno *et al.*, 2004; Rubilar-Rogers *et al.*, 2006; 2008). Los esqueletos más completos de terópodos no avianos hasta ahora conocidos en Chile corresponden a un par de especímenes del Jurásico tardío de la Región de Aisén (Salgado *et al.*, 2008). Uno de estos está representado por elementos del esqueleto apendicular posterior, lo que permitió asignarlo a un taxón indeterminado de Theropoda. El otro consiste en vértebras dorsales y parte de una extremidad, los que pertenecerían a un Tetanurae indeterminado (Salgado *et al.*, 2008). Los únicos restos craneales de terópodos hasta ahora conocidos consisten en un par de dientes del Cretácico tardío, encontrados en el Monumento Natural de Pichasca (Salinas y Marshal, 1991).

Sauropoda. Fósiles de saurópodos han sido encontrados en seis localidades del país (Rubilar-Rogers, 2003), en dos de éstas en estratos de la Formación Hornitos (Región de Atacama). Tanto en esta última unidad como en la Formación Tolar (Región de Antofagasta) se han encontrado los más abundantes y diagnósticos restos óseos de dinosaurios. Las aproximaciones filogenéticas preliminares de estos materiales han permitido reconocerlos como pertenecientes al clado Lithostrotia (que incluye al ancestro común más reciente de *Malawisaurus* y *Saltasaurus*) (Rubilar-Rogers, 2008). Huellas de saurópodos son conocidas en las regiones de Tarapacá (Moreno *et al.* 2000) y O'Higgins (Moreno y Pino, 2002), a las que se suman recientes hallazgos en Antofagasta (Rubilar-Rogers y Otero, este volumen).

Ornithopoda. Los restos óseos de este grupo de dinosaurios son los más escasos en el país, ya que hasta la fecha consisten sólo en una vértebra caudal aislada (Salinas *et al.* 1991). El registro paleoicnológico es mucho más amplio, con huellas presentes en varios afloramientos de las regiones de Tarapacá y O'Higgins (Rubilar-Rogers *et al.* 2002; Moreno y Pino, 2002).

Perspectivas para el estudio de los vertebrados fósiles en Chile

Las perspectivas de ampliar el registro conocido de vertebrados terrestres mesozoicos en Chile son favorables, en especial en la zona norte. Allí se están conociendo mejor los extensos afloramientos con icnitas de dinosaurios, las que entregan una buena aproximación a la diversidad faunística de esta Era, hasta ahora sin un registro de materiales óseos. Es probable que el nuevo yacimiento en la Región de Aisén incrementará el escaso material óseo de dinosaurios terópodos, los que hasta hace pocos años eran conocidos sólo por un par de dientes incompletos. Además, extensos afloramientos localizados en las regiones de Antofagasta y Atacama ofrecen la posibilidad de mejorar el conocimiento del clado comprendido por los titanosaurios del margen occidental de América del Sur.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Respecto a los pterosaurios, se espera que en el futuro puedan efectuarse prospecciones minuciosas en los yacimientos paleontológicos de la Región de Atacama, orientadas no sólo a incrementar los restos disponibles sino que a abordar con más detalle los aspectos estratigráficos, tafonómicos, sistemáticos y paleobiológicos asociados a tales hallazgos.

Los depósitos de origen lacustre presentes en Cerro Quimal (Región de Antofagasta) pueden ser considerados como un yacimiento excepcional, ya que contienen ejemplares de arcosaurios bien preservados y parcialmente articulados. Esto hace necesario efectuar estudios más detallados en dicha unidad, por las implicancias paleobiológicas de dicho registro.

Es necesario profundizar los estudios en áreas significativas para el registro de vertebrados terrestres en Chile, como lo es el Monumento Natural de Pichasca. Además de dinosaurios, allí existe la posibilidad de encontrar restos de vertebrados de tamaño pequeño, como tortugas y anfibios.

El estudio de los vertebrados terrestres del Mesozoico en Chile es una de las principales líneas de investigación que están siendo desarrolladas en el Área de Paleontología del Museo Nacional de Historia Natural. La reciente implementación de un laboratorio especializado en la limpieza y preparación de restos óseos de vertebrados, así como la formación de profesionales en este ámbito de especialización, son parte de las acciones emprendidas para tal fin.

Agradecimientos

Alfonso Rubilar R. (SERNAGEOMIN) aportó sugerencias al borrador de este trabajo.

Referencias

- Casamiquela, R. 1980. Nota sobre restos de un reptil aetosauroideo (Thecodontia, Aetosauria) de Quimal, Cordillera de Domeyko, Antofagasta. Prueba de la existencia del Neotriásico continental en los Andes del Norte de Chile. *In* Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, No. 2, y Congreso Latinoamericano de Paleontología, No. 1, Actas 1: 135-142. Buenos Aires.
- Casamiquela, R.; Chong, G. 1980. La presencia de *Pterodaustro* Bonaparte -Pterodactyloidea-, del neojurásico (?) de la Argentina, en los Andes del norte de Chile. *In* Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, No. 2, y Congreso Latinoamericano de Paleontología, No. 1, Actas 1: 201-209.
- Casamiquela, R.; Corvalán, J.; Franquesa, F. 1969. Hallazgo de dinosaurios en el Cretácico Superior de Chile. Su importancia cronológica-estratigráfica. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín (25): 31 p., 5 Láms.
- Desojo, J.B. 2003 Redescrición del aetosaurio *Chilenosuchus forttae* Casamiquela (Diapsida: Arcosauria): presencia de Triásico continental en el norte de Chile. *Revista Geológica de Chile* 30(1): 53-63.
- Martill, D.; Frey, E.; Bell, M.; Chong, G. 2006. Ctenochasmatid pterosaurs from Early Cretaceous deposits in Chile. *Cretaceous Research* 27 (5): 603-610.
- Martill, D.; Frey, E.; Chong, G.; Bell, M. 2000. Reinterpretation of a Chilean pterosaur and the occurrence of Dsungaripteridae in South America. *Geological Magazine* 137: 19-25.
- Moreno, K.; Pino, M. 2002. Huellas de dinosaurios de la Formación Baños del Flaco, VI Región, Chile: paleoetología y paleoambiente. *Revista Geológica de Chile* 29 (2): 191-206
- Moreno, K.; Rubilar-Rogers, D.; Blanco, N. 2000. Icnitas de dinosaurios de la Formación Chacarilla, I y II Región, norte de Chile. *Ameghiniana*, Suplemento Resúmenes 37(4): 30R.
- Moreno, K.; Blanco, N.; Tomlinson, A. 2004. New dinosaur footprints from the Upper Jurassic of northern Chile. *Ameghiniana* 41(4): 535-544.
- Rubilar-Rogers, D. 2003. Registro de dinosaurios en Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 52: 137-150.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Rubilar-Rogers, D. 2006. Icnitas de terópodos de la Formación Baños del Flaco (Jurásico Superior), Chile central. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 11, Actas 2: 117-120.
- Rubilar-Rogers, D. 2008. Filogenia y relaciones biogeográficas de los titanosaurios de Chile. Tesis de doctorado (Inédito), Facultad de Ciencias, Universidad de Chile: 187 p.
- Rubilar-Rogers, D.; Otero, R. (Este volumen). Nuevo yacimiento con icnitas de dinosaurios (Theropoda-Sauropoda) en el Desierto de Atacama. Simposio - Paleontología en Chile, No. 1, Libro de Actas: 87-90.
- Rubilar, D.; Chatterjee, S.; Vargas, A. 2002. A crocodylomorph from the Late Triassic of Chile. *In* Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, No. 1, Resúmenes: 47-48.
- Rubilar, D.; Moreno, K.; Blanco, N. 2000. Huellas de dinosaurios ornitópodos en la Formación Chacarilla (Jurásico Superior-Cretácico Inferior), I Región de Tarapacá, Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 1: 550-554. Puerto Varas.
- Rubilar-Rogers, D.; Moreno, K.; Blanco, N.; Calvo, J. 2008. Theropod dinosaur trackways from the Lower Cretaceous of the Chacarilla Formation, Chile. *Revista Geológica de Chile* 35(1): 175-184.
- Salgado, L.; de la Cruz, R.; Suárez, M.; Fernández, M.; Gasparini, Z.; Palma-Heldt, S.; Fanning, M. 2008. First Late Jurassic dinosaur bones from Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 28(2): 529-534.
- Salinas, P.; Marshall, L.G.; Sepúlveda, P. 1991. Vertebrados continentales del Paleozoico y Mesozoico de Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 6, Actas 1: 310-313. Viña del Mar.
- Salinas P.; Marshall, L. 1991. Los primeros dientes de dinosaurios en Chile. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales de Bolivia* 12 (2): 235-236.

NUEVO YACIMIENTO CON ICNITAS DE DINOSAURIOS (THEROPODA-SAUROPODA) EN EL DESIERTO DE ATACAMA

David Rubilar-Rogers¹; Rodrigo A. Otero²

¹Área Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago. drubilar@mnhn.cl

²Laboratorio de Zoología de Vertebrados, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

Introducción

Hasta el momento las huellas aisladas y pistas son el mayor y más diverso registro de dinosaurios en Chile (Rubilar-Rogers, 2003). Estas improntas han sido halladas al menos en cuatro localidades en el norte del país (regiones I-III) y una en la zona central (VI Región), abarcando un rango de edades que va desde el Jurásico Tardío (Formación Baños del Flaco y Formación San Salvador) hasta el Cretácico Inferior (Formación Chacarilla y Formación Quebrada Monardes). Estas icnitas, en su conjunto, documentan asociaciones y tipos de fauna de dinosaurios desconocidas en su registro óseo en el país.

A continuación se da a conocer en forma preliminar el hallazgo de un nuevo yacimiento con pistas y huellas aisladas de dinosaurios terópodos y saurópodos en el Desierto de Atacama, Región de Antofagasta, norte de Chile. Estas icnitas están expuestas en diferentes estratos asignados al miembro superior de la Formación Quinchamale, cuya edad máxima es oxfordiana (Jurásico Tardío).

Las huellas se encuentran expuestas en capas inclinadas y presentan un avanzado grado de erosión. Sin embargo, es posible distinguir características distintivas de los órdenes Theropoda y Sauropoda. Las icnitas fueron halladas por integrantes del Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, quienes dieron aviso del hallazgo al Museo Nacional de Historia Natural (Santiago).

Previo a este descubrimiento sólo se conocían icnitas de dinosaurios en la Región de Antofagasta a partir del hallazgo de terópodos en la Formación San Salvador, en las cercanías de Calama (Moreno *et al.*, 2004).

Ubicación y Geología de las capas asociadas a las icnitas

El material paleoicnológico *in situ* se ubica al interior de Quebrada Arca, muy próximo a la unión con la tributaria Quebrada Sichal. Las unidades expuestas en el área se disponen, en general, en sentido N-S. Las formaciones sedimentarias o con intercalaciones de origen sedimentario reconocidas en el área son las siguientes:

1. Formación Quinchamale (Maksaev, 1978). Corresponde a rocas sedimentarias que sobreyacen discordantemente sobre granitoides paleozoicos (Skarmeta y Marinovic, 1981). Esta unidad consta de dos miembros: i) Miembro Inferior, compuesto por lutitas, areniscas calcáreas y calizas de origen marino, con una diversidad de amonites (géneros *Perisphinctes*, *Euaspidoceras*, *Mirosphinctes* y *Gregoryceras*; Covacevich, 1981) que señalan el Oxfordiano. Presenta un intenso plegamiento y frecuentes fallas inversas. Su base no es distinguible. ii) Miembro Superior, que corresponde a lutitas y areniscas de origen continental. Presenta ondulitas, estratificación cruzada, boudinage y grietas de desecamiento. El contacto con el miembro inferior es gradual.

2. Formación Arca (Maksaev, 1978). Consiste en una sucesión de potentes brechas y tobas andesíticas, conglomerados brechosos y rocas sedimentarias intercaladas. Sobreyace en contacto discordante a la Formación Quinchamale, por lo que su edad está acotada inferiormente al Jurásico Superior (Skarmeta y Marinovic, 1981).

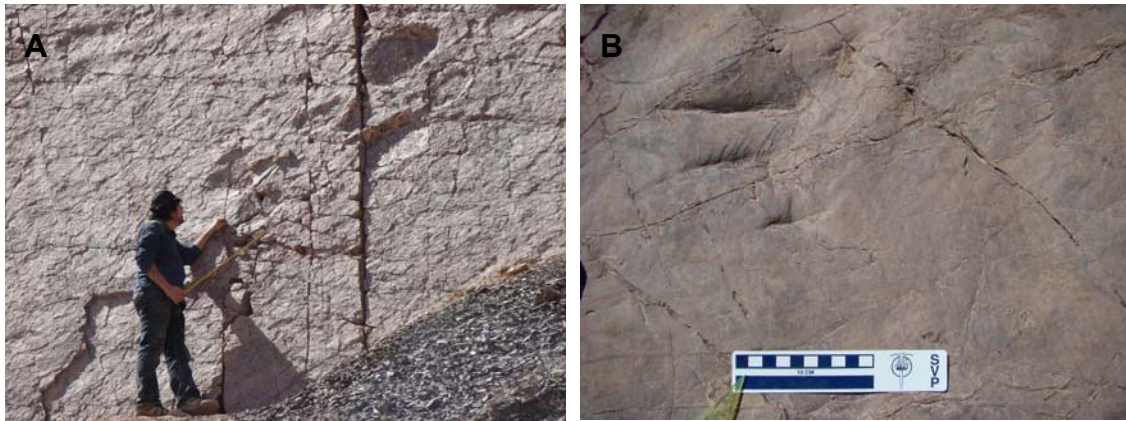


Fig. 1. Icnitas de dinosaurios en el Desierto de Atacama. A- rastrillada mejor conservada de dinosaurios saurópodos, atribuidas en forma preliminar al icnogénero *Brontopodus*. B- impresión de una huella aislada de terópodo.

Las estructuras sedimentarias (ondulitas y grietas de desecamiento) observadas junto a las huellas aquí mencionadas, así como el tipo de facies, son coincidentes con las observadas en la Formación Quinchamale, lo que sugiere que el material estudiado podría pertenecer a dicha unidad. Sin embargo, es necesario establecer relaciones más estrechas con el fin de aclarar su localización estratigráfica. Por el momento sólo es posible proponer una edad en el intervalo Jurásico Superior-Cretácico Inferior, sobre la base de las edades de las unidades presentes en el área y la distribución norte-sur de los afloramientos. Los niveles que portan las pisadas serían correlacionables con la unidad inferior continental en Quebrada Guatacondo, la que incluye similares estructuras sedimentarias así como huellas de dinosaurios (Bogdanic y Döbel, 1988).

Icnitas de dinosaurios

Sauropoda. Se reconocieron al menos cuatro rastrilladas correspondientes a dinosaurios saurópodos y asignadas en forma preliminar a *Brontopodus* (Fig. 1 A). Las huellas son de forma oval, siendo las marcas de patas traseras notablemente más grandes que las anteriores (en promedio las patas traseras son casi el doble de las patas delanteras). Pata trasera, 72 x 58 cm; pata delantera, 36 x 17 cm (medidas tomadas a partir de los largos y anchos máximos). Las rastrilladas presentan una notable luz de rastro y poseen un ángulo de paso de más de 100° (aprox. 108°). No fueron detectadas impresiones de garras en manos y pies. En la rastrillada mejor conservada se distinguen 11 huellas evidentes. La rastrillada parece empezar con otras huellas no tan evidentes, posiblemente debido al diferencial en la saturación de agua en el sedimento al momento de la pisada, y de las cuales no se puede precisar su número y posición.

Theropoda. Una impresión atribuida a un terópodo fue hallada en un afloramiento aislado distante de las huellas de saurópodos descritas arriba (Fig. 1 B). Esta presenta la impresión de tres dedos aislados con una apertura digital de 8° y 11° aproximadamente. Estos ángulos son sólo estimativos, ya que la huella presenta solo impresiones del extremo distal de los dígitos, sin encontrarse impresiones en el punto de convergencia de los dígitos.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Decenas de otras pistas de terópodos y saurópodos han sido fotografiadas en afloramientos distantes, donde incluso se ha podido observar una importante bioturbación de dinosaurios, sin embargo, los datos obtenidos de esta capas están siendo documentadas en una base de datos y serán publicadas en un trabajo próximo.

Discusión

La amplia luz de rastro detectada en las pistas del saurópodo, el ángulo de paso mayor de 100° y la ausencia de marcas de garras en manos son características descritas para improntas del icnogénero *Brontopodus*, cuyo material tipo presenta rastrilladas de ángulo de paso usualmente entre 100° y 120°. Las improntas del tipo *Brontopodus* se relacionan al clado de saurópodos conocidos como Titanosauriformes, representado por dinosaurios conocidos desde el Jurásico hasta fines del Cretácico. En este clado se incluyen los titanosaurios, abundantes durante el período Cretácico en especial en Gondwana. Restos óseos de titanosaurios han sido documentados en afloramientos ubicados al este de este yacimiento icnológico y asignados al Cretácico Tardío (Vargas *et al.*, 2000; Rubilar-Rogers, 2005). Es decir, las sucesiones sedimentarias de esta región contienen un amplio registro fósil de este grupo de dinosaurios, que va desde el Jurásico (o Cretácico Temprano?) hasta el Cretácico Tardío. La única mención en Chile de este tipo de rastrillada de saurópodo fue hecha por Moreno *et al.* (2000) para la Formación Chacarilla (Región de Tarapacá).

La impresión de una huella tridáctila, caracterizada por una notable separación de los dígitos, los que presentan un extremo distal acuminado, puede ser asignada a una pequeña forma de terópodo.

La presencia y asociación de ciertos tipos de icnofósiles de dinosaurios permite señalar rangos cronológicos relativamente acotados, en especial en sucesiones sedimentarias continentales que abarcan lapsos muy extensos (e.g., Blanco *et al.*, 2000). Por ejemplo, la asociación terópodo-saurópodo es más recurrente en niveles del período Jurásico que en el Cretácico. Esto avalaría la asignación de los estratos con las huellas aquí mencionadas a la parte superior de la Formación Quinchamale. Sin embargo, es necesario más trabajo de campo para determinar de manera más fehaciente la composición icnológica y descartar la presencia de huellas de grandes ornitópodos indicadores del Cretácico.

Conclusiones

Las trazas de saurópodos son atribuidas preliminarmente al icnogénero *Brontopodus* y corresponden a las primeras huellas bien documentadas de este tipo en el país. La asociación de improntas terópodo-saurópodo es consistente con una edad jurásica propuesta para la parte superior de la Formación Quinchamale, donde se situarían estratigráficamente los estratos portadores. La aparente ausencia de grandes huellas de ornitópodos apoya esta interpretación. Nuevas investigaciones aportarán datos para una correlación más precisas de estas icnofacies con las presentes en otros yacimientos del norte de Chile. Se espera que este sitio arroje antecedentes que, sumados a los registros conocidos en el país, permitan llegar a conocer los conjuntos faunísticos de dinosaurios que habitaron el margen occidental de América del Sur a lo largo del tiempo.

Agradecimientos

A Paul Maluenda, Alexis Gajardo y Richard Cifuentes, por dar a conocer el hallazgo y gestionar la visita al yacimiento. A la División Codelco Norte por el financiamiento en el traslado y alojamiento en Calama. A Carolina Gutstein (Universidad

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

de Chile) por su ayuda en los trabajos de campo. Alfonso Rubilar R. (SERNAGEOMIN) revisó el borrador de este trabajo.

Referencias

- Bogdanic, T.; Döbel, R. 1988. Antecedentes sobre sedimentitas jurásico Superiores-cretácicas (?) y volcanitas cretácicas de la Precordillera del Norte de Chile, entre los 21° y 23°S. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 5, Actas 3: H21-H35. Santiago.
- Blanco, N.; Tomlinson, A.; Moreno, K.; Rubilar, D. 2000. Importancia estratigráfica de las icnitas de dinosaurios presentes en la Formación Chacarilla (Jurásico-Cretácico Inferior), Región de Tarapacá, Chile. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 1: 441-445. Puerto Varas.
- Covacevich, V. 1981. Determinación paleontológica de muestras provenientes del Cuadrángulo Sierra Moreno, Región de Antofagasta (2da parte). Instituto de Investigaciones Geológicas (Inédito), Informe Paleontológico Interno, No. 28: 22 p.
- Huete, C.; Maksaev, V.; Moscoso, R. 1977. Antecedentes geológicos de rocas intrusivas de la Cordillera de los Andes comprendida entre la Sierra Moreno y el Río Loa y los 21° y 22°S, II Región. *Revista Geológica de Chile* 4: 35-41.
- Maksaev, V. 1978. Cuadrángulo Chitigua y sector occidental del cuadrángulo Cerro Palpana. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile (31): 55 p.
- Moreno, K.; Rubilar, D.; Blanco, N. 2000. Icnitas de dinosaurios de la Formación Chacarilla, I y II Región, norte de Chile. *Ameghiniana*, Suplemento Resúmenes 37(4): 30R.
- Moreno, K., Blanco, N. y Tomlinson, A. 2004. New dinosaur footprints from the Upper Jurassic of northern Chile. *Ameghiniana* 41(4): 535-544.
- Rubilar-Rogers, D. 2003. Registro de dinosaurios en Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 52: 137-150.
- Rubilar-Rogers, D. 2005. Titanosauriformes remains from Quebrada Cortadera (Tolar Formation, Upper Cretaceous), Atacama Desert, Chile. *Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*, No. 21, Libro de Resúmenes: 38. Plaza Huincul.
- Skarmeta, J. 1982. Análisis estructural de pliegues que afectan a la Formación Sichal (Terciario medio), Sierra de Moreno, Región de Antofagasta. Parte I: Geometría. *Revista Geológica de Chile* 15: 3-25.
- Skarmeta, J.; Marinovic, N. 1981. Hoja Quillagua. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica (51), escala 1:250.000.
- Tomlinson, A.; Blanco, N. 1997. Structural Evolution and displacement history of the West Fault System, Precordillera, Chile: Part 1, synmineral history. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 8, Actas 3: 1873-1877. Antofagasta.
- Vargas, A.; Kellner, A.W.A.; Chong, G.; Rubilar, D.; Suárez, M. 2000. New sauropod dinosaur from the Atacama Desert, northern Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Supplement 20: 75A.

RECENT ADDITIONS TO KNOWLEDGE OF TERTIARY MAMMALS FROM THE CHILEAN ANDES

Darin A. Croft¹; Reynaldo Charrier²; John J. Flynn³; André R. Wyss⁴

¹Department of Anatomy, Case Western Reserve U., Cleveland, Ohio, dcroft@case.edu.

²Departamento de Geología, U. de Chile, Santiago, rcharrie@cec.uchile.cl.

³Division of Paleontology, American Museum of Natural History, New York, jflynn@amnh.org.

⁴Department of Earth Science, University of California, Santa Barbara, California,
wyss@geol.ucsb.edu

The physiognomy of Chile is dominated by the Andes, the longest terrestrial mountain chain on Earth. In hindsight, given the vast exposures of stratified rocks across the range, it is remarkable that the rich fossil record of mammals in Chile remained virtually unrecognized until about 20 years ago. Our ongoing US-Chilean collaboration continues to dramatically correct this oversight, the record of Tertiary mammals now known from Chile being among the best in South America. In total we have recovered more than 2,300 specimens from some two dozen localities, spanning some 30 degrees of latitude and ranging in age from approximately 10 to 40 million years (late Eocene through late Miocene, Casamayoran through ?Chasicosan South American Land Mammal "Ages" - SALMAs; Fig. 1). Most of these specimens have been recovered from volcaniclastic sediments of the Abanico (= Coya-Machali) Formation that were deposited as distal ignimbrites or debris flows. Because of this unusual mode of preservation, these fossils are generally exceptionally well-preserved in terms of completeness and anatomical detail. We here provide an overview our fieldwork, highlighting some of our most significant past and ongoing investigations.

Late Eocene (Casamayoran and Mustersan SALMAs)

One of the oldest Tertiary mammal faunas from Chile is that of Tapado, originating from the Tinguiririca River Valley ca. 14 km northwest of localities that produced the earliest Oligocene Tinguiririca Fauna (Flynn *et al.*, 2005a; Hitz *et al.*, 2006). No associated radioisotopic dates have yet been reported for this locality, but samples are currently being analyzed. Most of the several dozen specimens collected from this area have now been prepared and only endemic ungulates have been identified. These include cf. *Ernestokokenia* (a didolodontid "condylarth"), cf. *Notonychops* (potentially a basal notoungulate), and four notoungulates: *Notostylops* sp. (Notostylopidae), *Ignigena minisculus*, (Interatheriidae), *Eohyrax* sp. (Hegetotheria), and *Pleurostylodon* sp. (Isotemnidae). These indicate a general correspondence to the Casamayoran SALMA, suggesting a late Eocene age of at least 38 Ma and possibly substantially older, as the extent of the Casamayoran is currently poorly constrained (Flynn y Swisher, 1995; Kay *et al.*, 1999; Flynn *et al.*, 2003; Kohn *et al.*, 2004). Numerous additional specimens that likely pertain to the Tapado Fauna were recovered in 2006, ca. 1-2 km northwest of and slightly higher stratigraphically than the localities originally producing this fauna.

An interatheriid notoungulate rostrum assignable to *Antepithecus brachystephanus* was recovered from the Azufre River valley, a major northern tributary of the Tinguiririca, in the 1990s (Flynn *et al.*, 2005a; Hitz *et al.*, 2006). This taxon otherwise is known only from the Casamayoran of Argentina, suggesting that some Azufre strata temporally overlap those from Tapado, at least in part. The recovery of many additional specimens from several sites in the Azufre region in 2008 will permit a refined age assessment of this newly identified fauna.

A remarkably thick and fossiliferous sequence occurs in the western reaches of Río Teno (the major drainage immediately south of Tinguiririca), with at least three

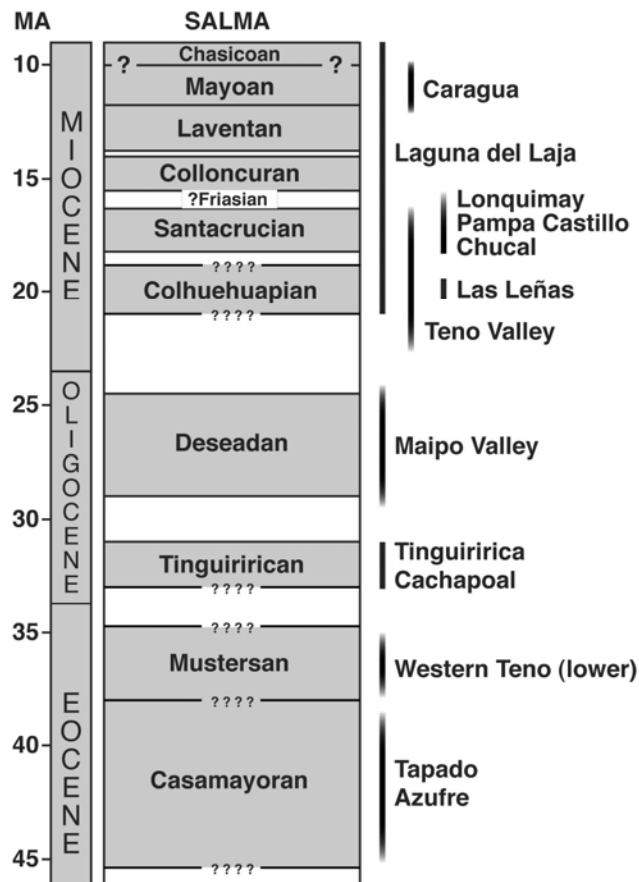


Fig. 1. Ages of fossil mammal assemblages discussed in the text. SALMA sequence is based on Flynn *et al.* (1995) as modified by Croft *et al.* (2008).

stratigraphically superposed faunas represented (Wyss *et al.*, 2004). Although collected only recently (and thus not yet studied), it is clear that the oldest of these faunas predates the Tinguirirican SALMA, and thus too is Eocene in age.

Oligocene (Tinguirirican and Deseadan SALMAs)

One of the most important – and certainly the best known – Chilean fossil mammal assemblage is the Tinguiririca Fauna from near Termas del Flaco (35° S, 70° W) (Flynn *et al.*, 2003; Wyss *et al.*, 1994; Flynn, 2002; Croft *et al.*, 2008). More than 350 specimens have been collected from the locality since its discovery in 1988, representing two dozen species of native ungulates, marsupials, xenarthrans, and rodents. The two rodent species are noteworthy in being the earliest recorded members of that clade in South America (Flynn *et al.*, 2003; Wyss *et al.*, 1994; Croft *et al.*, 2008; Flynn and Wyss, 1998). Approximately half of the species from this locality have been described in detail (Flynn and Wyss, 1999; Hitz *et al.*, 2000; Croft *et al.*, 2003a; Reguero *et al.*, 2003; McKenna *et al.*, 2006; Carlini *et al.*, in review); current systematic efforts focus on the fauna's four notohippids, including two hypsodont (high crowned) and two brachydont (low crowned) forms (Wyss *et al.*, 2005).

The Tinguiririca Fauna differs dramatically from geologically older South American faunas in its high proportion of hypsodont mammals; such a transition does not occur on

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

other continents until 10-15 million years later (Flynn *et al.*, 1995; Flynn and Wyss, 1998). The well-preserved specimens from Tinguiririca have permitted a variety of analyses focused on habitat inference, and these suggest that the mammals of Tinguiririca were living in an environment with relatively few trees and abundant open areas (Flynn *et al.*, 2003; Croft *et al.*, 2008; Croft, 2001).

Johnbell hatcheri, a recently described intertheriid notoungulate, occurs both at Tinguiririca and in a fauna from the Río Cachapoal, approximately 100 km to the north (Hitz *et al.*, 2006). The presence of the Tinguirirican archaeohyracids *Archaeotypotherium* and *Protarchaeohyrax* (Croft *et al.*, 2008), in addition to *Johnbell hatcheri*, suggests that the fossils from Cachapoal are Tinguirirican in age – at least in part. Other taxa recorded at Cachapoal include the marsupial *Polydolops mckennai* (Flynn and Wyss, 2004), additional notoungulates, several xenarthrans, and at least one rodent. A trachytheriine mesotheriid from Cachapoal – along with another from Rocas Bayas in Argentina – represents the earliest record of this notoungulate clade (Croft *et al.*, 2008).

Two assemblages from the Río Maipo drainage (east of Santiago and north of Río Cachapoal) likely are Tinguirirican and/or Deseadan in age. The earlier discovered of these includes the intertheriid *Santiagorothia* and an archaeohyracid. Few specimens from the more recently discovered assemblage have been prepared, but it is clear that typtothere notoungulates and rodents predominate, and that armadillos are also present; the abundance of rodents suggests a post-Tinguirirican age.

Miocene (Colhuehuapian, Santacrucian, and younger SALMAs)

More than two hundred specimens (mostly typtothere notoungulates and rodents) have been collected from the Las Leñas region, approximately 60 km north-northeast of Termas del Flaco. Notable among these is the platyrrhine primate *Chilecebus carrascoensis*, represented by a complete skull (Flynn *et al.*, 1995). An associated $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radioisotopic date of 20.09 +/- 0.27 Ma indicates a Colhuehuapian age for *Chilecebus*, making this specimen the oldest well-preserved and well-dated South American primate cranium. Using new platyrrhine-specific equations, the body mass of *Chilecebus* is now estimated to be slightly less than 600 g, giving *Chilecebus* an EQ of 1.11, smaller than any living anthropoid and indicating independent brain expansion for the Old and New World anthropoid clades (Sears *et al.*, 2008). The bulk of the Las Leñas fauna is likely Colhuehuapian in age, although a component may be slightly older.

Colhuehuapian mammals also have been collected from several localities from the Cura-Mallín Formation in the Laguna del Laja region of Biobío province (37.5° S, 71° W). These are the oldest fossils from the area, with Santacrucian through ?Chasicuan taxa having been recovered from younger levels. SALMA assignments for these faunas are supported by a detailed stratigraphic framework (Herriott, 2006) and a series of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates spanning 20-9 Ma (Flynn *et al.*, in press). In total, more than 250 specimens have been collected from the nearly 2 km thick stratigraphic sequence. Laguna del Laja thus records a nearly unparalleled succession of mammal faunas from a continuous stratigraphic sequence spanning at least 4-5 SALMAs (Flynn *et al.*, in press).

Among the mammals from Laguna del Laja, rodents have received the greatest attention. They are notable for their high degree of endemism, with all twenty taxa representing new species (Wertheim *et al.*, 2006; Wertheim, 2007). Notoungulates are also common, with four families represented: Hegetotheriidae (including both Hegetotheriinae and Pachyrukhinae), Intertheriidae, Toxodontidae, and Leontiniidae. Several dasypodid specimens have been collected, as well as a pair of mandibles of the mylodontid sloth *Nematherium*. Marsupials are relatively rare, with only a sparassodont (aff. *Sipalocyon*) and an abderitid identified thus far.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

A small number of early Miocene mammals, birds, and other vertebrates have been collected from the Cura-Mallín Formation about 100 km south of Laguna del Laja in the area of Lonquimay (Croft *et al.*, 2003b). The presence of *Nesodon conspurcatus* suggests a Santacrucian age for fossils derived from the lower part of the Río Pedregoso Member (Croft *et al.*, 2003b), and a radioisotopic date of 17.5 +/- 0.6 Ma just above the site where this fossil was collected suggests an absolute age similar to that of Chucal (see below). Other mammals from various localities across the region include an astrapothere (?*Astrapotherium* (Marshall *et al.*, 1990), the interatheriid *Protypotherium*, a glyptodontid, and a macraucheniid litoptern (Suárez *et al.*, 1990).

Pampa Castillo, our southernmost fossiliferous locality (47° S, 72-73° W), derives from a thick sequence of fluvial beds in the southern Andes south of Lago General Carrera. These strata contrast with the primarily volcanoclastic layers of the Abanico and Cura-Mallín formations in central Chile, and in this regard the fauna is more similar to classic mammal-bearing localities in Patagonian Argentina than to most other Chilean faunas. The softer fossil-bearing sediments have allowed many of the nearly 300 specimens from there to be prepared, and 36 species have been identified (Flynn *et al.*, 2002a). The fauna is Santacrucian in age, and it is broadly similar to late early Miocene faunas from the coast of Santa Cruz province, Argentina.

The Chucal Fauna from the Chilean Altiplano resembles that of Pampa Castillo in being derived from fluvo-lacustrine rather than volcanoclastic strata (Charrier *et al.*, 2005) and in pertaining to the Santacrucian SALMA. It contrasts with Pampa Castillo in its high degree of endemism; approximately 50% of species are new (Flynn *et al.*, 2002b; Croft *et al.*, 2004; Croft *et al.*, 2007). This endemism no doubt is partly attributable to its location in extreme northern Chile (19° S, 69° W), more than 3,000 km north of Pampa Castillo and classic Santacrucian localities. The fauna is bracketed by radioisotopic dates indicating an age of between 17.5 and 18.8 Ma. Most of the 18 species present in the fauna now have been described, including seven notoungulates (toxodontids, mesotheriids, and a hegetotheriid), a litoptern (*Theosodon*), and three cingulate xenarthrans (a dasypodid, a peltephilid, and a glyptodontid) (Croft *et al.*, 2004; Croft *et al.*, 2007; Bond and García, 2002). The three mesotheriids and the glyptodontid (*Parapropalaeophorus septentrionalis*) are basal members of their respective clades, suggesting that the intermediate latitudes might have been important centers of origin/diversification for these groups (Croft *et al.*, 2004; Croft *et al.*, 2007). The rodents are currently under study, but the most abundant species - a chinchilline chinchillid - extends the fossil record of this subfamily back some 15 million years and also underscores this region as a center of diversification for major groups (Flynn *et al.*, 2002b).

Mesotheriids are the only Tertiary fossil mammals known from the Precordillera of northernmost Chile, being represented by *Caragatypotherium munozi* from the mid-late Miocene (~10-12 Ma) Huaylas Formation near Caragua (Flynn *et al.*, 2005b). Their rarity in coeval higher latitude and tropical assemblages, but commonness in the Bolivian and Chilean Altiplano, further emphasizes the biogeographic distinctiveness of this region.

Several faunas from the Abanico Formation south of Termas del Flaco may pertain to the Colhuehuapian and/or Santacrucian SALMAs. Investigations are ongoing, but preliminary study has revealed that small marsupials, several notoungulates clades, a litoptern, several species of rodents, various armadillos, and sloths are present.

Summary

In the span of two decades, the Andean Main Range of Chile - once regarded as barren of terrestrial vertebrate fossils - is now recognized as one of the continent's greatest archives of Cenozoic mammal evolution. Recent discoveries have filled numerous geographic and temporal gaps in the South American mammal record, and have permitted

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

the recognition of a new SALMA (the Tinguirirican). These paleontological discoveries also have greatly clarified the chronology of the post-Neocomian Andean cover rock sequences, thus illuminating the geologic history of this intensively studied mountain range in the process. Moreover, the volcanic nature of these sequences provides an unparalleled opportunity to calibrate the SALMA succession.

References

- Bond, M.; García, M. 2002. Nuevos restos de toxodonte (Mammalia, Notoungulata) en estratos de la Formación Chucal, Mioceno, Altiplano de Arica, norte de Chile. *Revista Geológica de Chile* (29): 81-91.
- Carlini, A.; Cianco, M. B.; Flynn, J. J.; Scillato-Yané, G. J.; Wyss, A. (In review). The phylogenetic and biostratigraphic significance of new armadillos Mammalia, Xenarthra, Dasypodidae, Euphractinae) from the Tinguiririca (Early Oligocene) of Chile. *Journal of Systematic Palaeontology*.
- Charrier, R.; Chávez, A.; Elgueta, S.; Hérail, G.; Flynn, J. J.; Croft, D. A.; Wyss, A.; Riquelme, R.; García, M. 2005. Rapid tectonic and paleogeographic evolution associated with the development of the Chucal anticline and the Chucal-Lauca Basin in the Altiplano of Arica, northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 19: 35-54.
- Croft, D. A. 2001. Cenozoic environmental change in South American as indicated by mammalian body size distributions (cenograms). *Diversity and Distributions* 7:271-287.
- Croft, D. A.; Bond, M.; Flynn, J. J.; Reguero, M. A.; Wyss, A. R. 2003a. Large archaeohyracids (Typotheria, Notoungulata) from central Chile and Patagonia including a revision of *Archaeotypotherium*. *Fieldiana: Geology (New Series)* 49: 1-38.
- Croft, D. A.; Radic, J. P.; Zurita, E.; Charrier, R.; Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2003b. A Miocene toxodontid (Mammalia: Notoungulata) from the sedimentary series of the Cura-Mallín Formation, Lonquimay, Chile. *Revista Geológica de Chile* 30: 285-298.
- Croft, D. A.; Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2004. Notoungulata and Litopterna of the early Miocene Chucal Fauna, northern Chile. *Fieldiana: Geology (New Series)* 50: 1-52.
- Croft, D. A.; Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2007. A new basal glyptodontid and other Xenarthra of the early Miocene Chucal Fauna, northern Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27: 781-797.
- Croft, D. A.; Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2008. The Tinguiririca Fauna of Chile and the early stages of "modernization" of South American mammal faunas. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 66: 191-211.
- Flynn, J. J. 2002. Cenozoic Andean paleoenvironments and tectonic history: evidence from fossil mammals. *International Symposium of Andean Geodynamics, No. 5th*: 215-218.
- Flynn, J. J.; Swisher III, C. C. 1995. Cenozoic South American Land Mammal Ages: Correlation to global geochronologies. *In Geochronology, Time Scales, and Global Stratigraphic Correlation* (Berggren, W.A.; Kent, D.V.; Aubry, M.P.; and J. Hardenbol; Editors), SEPM, Society for Sedimentary Geology, Special Publication 54: 317-333.
- Flynn, J. J.; Wyss, A. R.; Charrier, R.; Swisher, C. C. 1995. An early Miocene anthropoid skull from the Chilean Andes. *Nature* 373: 603-607.
- Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 1998. Recent advances in South American mammalian paleontology. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 449-454.
- Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 1999. New marsupials from the Eocene-Oligocene transition of the Andean Main Range, Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 19: 533-549.
- Flynn, J. J.; Croft, D. A.; Charrier, R.; Hérail, G.; Wyss, A. R. 2002a. The first Cenozoic mammal fauna from the Chilean Altiplano. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22: 200-206.
- Flynn, J. J.; Novacek, M. J.; Dodson, H. E.; Frassinetti, D.; McKenna, C.; Norell, M. A.; Sears, K. E.; Swisher III, C. C.; Wyss, A. R. 2002b. A new fossil mammal assemblage from the southern Chilean Andes: implications for geology, geochronology, and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 285-302.
- Flynn, J. J.; Wyss, A. R.; Croft, D. A.; Charrier, R. 2003. The Tinguiririca Fauna, Chile: biochronology, paleoecology, biogeography, and a new earliest Oligocene South American Land Mammal "Age". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 195: 229-259.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2004. A polydolopine marsupial skull from the Cachapoal Valley, Andean Main Range, Chile. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 285: 80-92.
- Flynn, J. J.; Croft, D. A.; Hitz, R.; Wyss, A. R. 2005a. The Tapado Fauna (?Casamayoran SALMA), Abanico Formation, Tinguiririca Valley, central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 25: 57A.
- Flynn, J. J.; Croft, D. A.; Charrier, R.; Wyss, A. R. 2005b. New Mesotheriidae (Mammalia, Notoungulata, Typotheria), geochronology and tectonics of the Caragua area, northernmost Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 19: 55-74.
- Flynn, J. J.; Charrier, R.; Croft, D. A.; Gans, P. B.; Herriott, T. M.; Wertheim, J. A.; Wyss, A. R. (In press). Chronologic implications of new Miocene mammals from the Cura-Mallín and Trapa Trapa formations, Laguna del Laja area, south central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Herriott, T. M. 2006. Stratigraphy, structure, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the southeastern Laguna del Laja area: implications for the mid-late Cenozoic evolution of the Central Chilean Andes near 37.5° S, Chile. University of California, Santa Barbara, 97 p.
- Hitz, R.; Reguero, M.; Wyss, A. R.; Flynn, J. J. 2000. New interatheriines (Interatheriidae, Notoungulata) from the Paleogene of central Chile and southern Argentina. *Fieldiana: Geology (New Series)* 42: 1-26.
- Hitz, R.; Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2006. New basal Interatheriidae (Typotheria, Notoungulata, Mammalia) from the Paleogene of central Chile. *American Museum Novitates* 3520: 1-32.
- Kay, R. F.; Madden, R. H.; Vucetich, M. G.; Carlini, A. A.; Mazzoni, M. M.; Re, G. H.; Heizler, M.; Sandeman, H. 1999. Revised geochronology of the Casamayoran South American land mammal age: Climatic and biotic implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96: 13235-13240.
- Kohn, M. J.; Carlini, A. A.; Josef, J. A.; Kay, R. F.; Madden, R. H.; Vucetich, M. G. 2004. Climate stability across the Eocene-Oligocene transition, southern Argentina. *Geology* 32: 621-624.
- Marshall, L. G.; Salinas, P.; Suárez, M. 1990. *Astrapotherium* sp. (Mammalia, Astrapotheriidae) from Miocene strata along the Quepuca River, central Chile. *Revista Geológica de Chile* 17: 215-223.
- McKenna, M. C.; Wyss, A. R.; Flynn, J. J. 2006. Paleogene pseudoglyptodont xenarthrans from central Chile and Argentine Patagonia. *American Museum Novitates* 3536: 1-18.
- Reguero, M. A.; Croft, D. A.; Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2003. Small archaeohyracids from Chubut Province, Argentina and central Chile: implications for trans-Andean temporal correlation. *Fieldiana: Geology (New Series)* 48: 1-17.
- Sears, K. E.; Finarelli, J. A.; Flynn, J. J.; Wyss, A. R. 2008. Morphometric estimators of body mass and diet in New World monkeys (Platyrrhini, Anthropeidea, Primates), with consideration of the Miocene-aged *Chilecebus carrascoensis*. *American Museum Novitates* 3617: 1-29.
- Suárez, M.; Emparán, C.; Wall, R.; Salinas, P.; Marshall, L. G.; Rubilar, A. 1990. Estratigrafía y vertebrados fosiles del Miocene del Alto Biobío, Chile Central (38° - 39° S). Simposio sobre el Terciario de Chile, No. 2, Actas: 311-324.
- Wertheim, J. A. 2007. Fossil rodents from Laguna del Laja, Chile: a systematic, phylogenetic, and biochronologic study. University of California, Santa Barbara: 366 p.
- Wertheim, J. A.; Herriott, T. M.; Croft, D. A.; Flynn, J. J.; Gans, P. B. 2006. Unusual fossil rodent faunas from south central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 26: 137-138A.
- Wyss, A. R.; Flynn, J. J.; Norell, M. A.; Swisher III, C. C.; Novacek, M. J.; McKenna, M. C.; Charrier, R. 1994. Paleogene mammals from the Andes of central Chile: a preliminary taxonomic, biostratigraphic, and geochronologic assessment. *American Museum Novitates* 3098: 1-31.
- Wyss, A. R.; Charrier, R.; Croft, D. A.; Flynn, J. J. 2004. Paleontological reconnaissance of the central Andean Main Range by helicopter: additional new Cenozoic mammal faunas from Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 24: 133A.
- Wyss, A. R.; Flynn, J. J.; Croft, D. A. 2005. New nothippids (Notoungulata, Eutheria) from the central Chilean Andes. *Journal of Vertebrate Paleontology* 25: 132A.

MARCO GEOLÓGICO DE LOS DEPÓSITOS CENOZOICOS PORTADORES DE MAMÍFEROS FÓSILES TERRESTRES EN CHILE (EOCENO A PLIOCENO): UN ESTUDIO INTERDISCIPLINARIO

Reynaldo Charrier¹; Darin A. Croft²; John J. Flynn³; Luisa Pinto¹; André R. Wyss⁴

¹Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, rcharrie@cec.uchile.cl, lpinto@ing.uchile.cl.

²Department of Anatomy, Case Western Reserve University School of Medicine, 10900 Euclid Ave., Cleveland, OH 44106, USA, dcroft@case.edu.

³Division of Paleontology, American Museum of Natural History, Central Park West at 79th Street, New York, NY 10024, USA, jflynn@amnh.org.

⁴Department of Earth Science, University of California - Santa Barbara, Santa Barbara, CA 93106, USA, wyss@geol.ucsb.edu

A partir del Cretácico Superior, con el desmembramiento de Gondwana, América del Sur se fue separando gradualmente de las otras masas continentales hasta quedar totalmente aislada a partir del Eoceno Inferior. Este aislamiento, de unos 50 millones de años, permitió el desarrollo de formas nativas adaptadas a las condiciones existentes en este continente-isla sudamericano y concluyó con la formación del Istmo de Panamá, a mediados del Plioceno. Esta conexión terrestre permitió la migración de formas desde y hacia Norteamérica, lo que se conoce como el Gran Intercambio Faunístico, el cual puso fin al marcado endemismo que caracterizó a la fauna sudamericana durante el Cenozoico. Con este intercambio se comenzó a configurar la fauna conocida hoy en día en el continente.

Los hallazgos, en las dos últimas décadas, de numerosas localidades a lo largo del territorio chileno con una abundante y variada fauna fósil de mamíferos terrestres cenozoicos han constituido una revolución para el conocimiento de la fauna sudamericana en esta región. Estos hallazgos han tenido importantes implicaciones para establecer con bastante precisión el rango stratigráfico y la distribución geográfica de muchos de los grupos fósiles recolectados, comprender la historia evolutiva de los mamíferos sudamericanos y la evolución geológica (tectónica) y paleogeográfica de las regiones donde éstos se efectuaron. Debido al prolongado aislamiento de América del Sur y la escasez de estudios anteriores en territorio chileno, la mayor parte de los fósiles encontrados correspondan a especies nuevas para la ciencia. La importancia que revisten estos hallazgos se hace más palpable aún si se considera que hasta mediados del siglo pasado sólo se tenía conocimiento en el país de un solo sitio con mamíferos fósiles terciarios: Río Frías (Río Cisnes), en Aisén.

A continuación, se entrega el marco geológico preciso de los depósitos en las cinco regiones principales donde se han encontrado restos de mamíferos en rocas del Cenozoico pre-pleistoceno (sólo con edades del Eoceno Medio al Mioceno). Se pone énfasis en las dos primeras, donde los estudios interdisciplinarios han permitido una buena definición de las condiciones que controlaron el desarrollo de estos ambientes.

Precordillera y Cordillera Occidental de Arica

En esta región, las cuencas sedimentarias que contienen restos de mamíferos fósiles (e.g., García *et al.*, 2004; Charrier *et al.*, 2005; Flynn *et al.*, 2005) están ligados a la existencia de dos sistemas de fallas inversas, uno con vergencia (empuje) al oeste (SFVO) en la Precordillera, y el otro con vergencia al este (SFVE) en la Cordillera Occidental (Altiplano occidental), al este del anterior. Debido a que estos sistemas de fallas tienen vergencias opuestas, se formó, entre el SFVO y el SFVE, un bloque elevado denominado Cordón de Chapiquiña-Belén.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Precordillera. La actividad en el SFVO dio origen a pliegues y depósitos sintectónicos, es decir, generados contemporáneamente con la actividad de las fallas. Uno de ellos es la Formación Huaylas (parte superior del Mioceno Medio). Ésta contiene restos fósiles en sus niveles inferiores en la localidad de Caragua, en la Depresión de Copaquilla. Esta última se ubica inmediatamente al este de Pampa Oxaya, que corresponde a la cresta de un amplio anticlinal que afecta principalmente a la Formación Oxaya y cuyo flanco oriental es el elemento topográfico que cierra por el oeste a la Depresión de Copaquilla. La Formación Huaylas constituye el relleno de la Depresión de Copaquilla. Consiste en una sucesión semiconsolidada de ripios, gravas y areniscas con intercalaciones delgadas de limolitas y tobas, que alcanzan hasta 350 m de espesor. La parte inferior, fosilífera, de unos 20 m se depositó en un ambiente fluvial-lacustre, apropiado para concentrar vida vegetal y animal.

Cordillera Occidental. Al este del Cordón de Chapiquiña-Belén, la compresión que afectaba a la región causó una deformación con vergencia (empuje) hacia el este, cuyos efectos se manifiestan particularmente bien en el sector de Chucal con la Falla Jaropilla, inversa, y el Anticlinal de Chucal, algo más al este. La sucesión de depósitos sintectónicos a ambos lados del anticlinal es diferente, lo cual permite reconocer que la formación del pliegue produjo un relieve que separó ambientes sedimentarios diferentes hacia cada flanco. Estos depósitos constituyen la Formación Chucal, con abundante fauna fósil de mamíferos y algunos otros vertebrados (como anfibios). La Formación Chucal se apoya sobre una toba blanca ($21,7 \pm 0,8$ Ma) asignada a la Formación Lupica. La Formación Chucal está cubierta por la Formación Macusa, en cuya parte inferior se obtuvieron edades de $16 \pm 0,3$ Ma y $17,5 \pm 0,4$ Ma. Los niveles fosilíferos de Chucal quedan, comprendidos entre $21,7 \pm 0,8$ y $17,5 \pm 0,4$ Ma, es decir, en el Mioceno inferior.

El Cordón de Chapiquiña-Belén, que separó a los sectores donde se formaron estas cuencas, favoreció cierta concentración de humedad en una época en que imperaron condiciones de hiperaridez, lo que habría permitido el desarrollo de vegetación y vida animal. La presencia de restos de mamíferos en los depósitos fluviales y lacustres de la Formación Huaylas evidencia tales condiciones favorables. Hacia el este del Cordón de Chapiquiña-Belén, en la región de Chucal, los depósitos indican condiciones considerablemente más húmedas, con desarrollo de extensos lagos, importante vegetación y abundante desarrollo de vida animal. Esta diferencia de condiciones climáticas, a uno y otro lado del Cordón de Chapiquiña-Belén, parece indicar la existencia, ya en esa época, de un control de la pluviosidad causado por el desarrollo de los relieves que constituían la Cordillera.

Franja costera de la región de Caldera, entre 26°45' y ~28° S

Los niveles fosilíferos de esta región corresponden a la Formación Bahía Inglesa (Mioceno Superior-Plioceno Inferior). Ésta consiste en depósitos marino-litorales de plataforma marina costera con intercalaciones de flujos de detritos. En ellos existe una mezcla de fauna de invertebrados y vertebrados marinos y vertebrados terrestres, debido posiblemente a transporte fluvial. Mayores antecedentes geológicos y paleontológicos acerca de esta unidad pueden encontrarse en Marquardt *et al.* (1999).

Cordillera Principal de Chile central, entre 33°30' S y 38°30' S

La cubierta cenozoica en esta región de Chile central fue considerada por largo tiempo desprovista de fósiles diagnósticos. Esta situación fue drásticamente revertida en el año 1988 con el descubrimiento, en el valle del Río Tinguiririca, de restos fósiles de mamíferos indiscutiblemente cenozoicos en estratos considerados hasta ese momento como pertenecientes a la Formación Colimapu y asignados al Cretácico. Este hallazgo

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

permitió incluir a estos estratos en la Formación Abanico. Los intensos estudios realizados con posterioridad en ese sector permitieron recuperar una rica asociación de mamíferos de edad oligocena inferior, conocida como la Fauna de Tinguiririca, así como comprender las relaciones de contacto entre la Formación Abanico y las unidades infrayacentes. El posterior hallazgo de nuevas y muy bien conservadas faunas en otros sectores del valle de Tinguiririca, así como también en otros valles de la Cordillera Principal central, evidencian el amplio registro de mamíferos fósiles en la Formación Abanico, desconocido hasta hace poco tiempo. Mayores antecedentes geológicos y paleontológicos pueden encontrarse en Charrier *et al.* (2002), Flynn *et al.* (2003); Flynn *et al.* (2007) y Flynn *et al.* (2008).

A partir de consideraciones relacionadas con estos hallazgos, se planteó el posible desarrollo de una cuenca extensional, denominada Cuenca de Abanico, en especial a lo largo de la Cordillera Principal chilena entre al menos las regiones de Vallenar (29° S) y de Lonquimay (39° S). Al sur de esta latitud, se habría prolongado en territorio argentino. En la región entre los 32° y 36° S, esta cuenca se extendía hacia el este hasta el actual sector fronterizo, mientras que más al sur de la laguna del Maule, su borde oriental se extendía en lo que hoy es territorio argentino. Por su ancho y longitud (>1000 km), la Cuenca de Abanico corresponde a un rasgo tectónico y paleogeográfico mayor de esta región de los Andes. En la región considerada se distinguen dos sectores con evoluciones algo diferentes: El sector norte, entre Santiago (33° S) y la laguna del Maule (36° S), y el sector sur, entre la laguna del Maule (36°S) y la región de Lonquimay (39° S).

Sector norte. La extensión se habría iniciado en el Eoceno medio y se habría mantenido hasta el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior, momento en que se inició una inversión tectónica de la cuenca con la consiguiente deformación de los depósitos acumulados en ella. La extensión de la cuenca y la subsidencia asociada, controladas por la actividad de fallas normales, permitieron la acumulación de más de 3000 m de depósitos predominantemente volcánicos, volcanoclásticos y sedimentarios. La edad de los depósitos de la cuenca está comprendida entre 43,0±0,4 Ma y 20 a 16 Ma, es decir, entre el Eoceno Superior y el Mioceno Inferior.

Sector sur. Los depósitos corresponden a las formaciones Cura-Mallín y Trapa Trapa. La Formación Cura-Mallín consiste de más de 1800 m de espesor de lavas, depósitos volcanoclásticos y sedimentarios. Las edades disponibles para los niveles inferiores (20,3±4,0, 19,9±1,4 y 19,1±2,8 Ma) y para los niveles superiores (10,7±1,1 Ma) permiten asignarla al Mioceno Inferior-Mioceno Medio. En el sector de Laguna del Laja, esta unidad está cubierta por ca. 300 m de espesor de depósitos de areniscas y conglomerados de la también fosilífera Formación Trapa-Trapa, los que representan un marcado cambio en las condiciones de sedimentación. Una datación en la parte superior, pero no el techo, de esta formación, arrojó 8,9 Ma. Estas edades permiten señalar que los estratos fosilíferos de esta región abarcan un rango de tiempo de ca. 10 millones de años. Así mismo, muestran que la Formación Cura-Mallín cubre un rango de edad que equivale a la parte alta de la Formación Abanico y a la Formación Farellones. La Formación Trapa-Trapa no tiene algún equivalente litoestratigráfico conocido en la región comprendida entre 32°30' y 36° S.

Región de Aisén, sector del río Cisnes (o Frías)

Esta localidad se ubica a lo largo del curso superior del valle actualmente denominado del Río Cisnes, al este de Villa La Tapera. Los depósitos fosilíferos pertenecen a la Formación Río Frías. A pesar de que para esta localidad se dispone de una datación de ca. 17 Ma, proveniente de la base de la sucesión fosilífera, se requiere de

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

un mejor control cronoestratigráfico para establecer adecuadamente la edad de la fauna de mamíferos fósiles. Mayores antecedentes geológicos y paleontológicos pueden encontrarse en Roth (1908, 1925) y Flynn *et al.* (1989).

Región de Aisén, localidad de Meseta Guadal-Cosmelli

El hallazgo de mamíferos fósiles en esta región se produjo en enero de 1986 al este de Pampa Castillo, en la Meseta Guadal-Cosmelli (sur del Lago General Carrera, Región de Aisén, 47° de latitud sur).

La sección fosilífera, de 300 m de espesor, consiste en limolitas y areniscas de origen fluvial con algunas intercalaciones de arcillolitas y conglomerados continentales o subaéreos de la parte inferior de la Formación Galera (Mioceno Medio). Esta unidad recubre en continuidad a los depósitos regresivos de la Formación Guadal, la que, a su vez, contiene una abundante fauna de invertebrados marinos del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior. En esta región los depósitos sedimentarios comprendidos entre el Eoceno Superior y el Mioceno Medio presentan estructuras sedimentarias que indican aportes desde el oeste, lo cual permite deducir la existencia de relieves emergidos en esa dirección. La transición de marino a continental entre las formaciones Guadal y Galera, y la presencia de pliegues con estructuras de crecimiento asociadas en la Formación Galera, sugieren que estos depósitos se acumularon durante un episodio de deformación compresiva y son el producto de la erosión de áreas emergidas ubicadas hacia el oeste. Estos depósitos se habrían acumulado en depresiones de antepaís ubicadas en la vertiente oriental de las áreas elevadas y asociadas con el desarrollo de las fallas inversas activadas con la compresión. Mayores antecedentes geológicos y paleontológicos pueden encontrarse en Flynn *et al.* (2002).

Región de Magallanes, en los sectores de lago Toro y Laguna Blanca

Los horizontes fosilíferos en estas dos localidades corresponden a depósitos de la cuenca de antepaís de la Cordillera Patagónica. Mayores antecedentes geológicos y paleontológicos acerca de esta región se pueden encontrar en Simpson (1941).

Consideraciones finales

Acerca de los depósitos y la fauna. Los eventos de deformación que jalonan la evolución tectónica en el margen activo del continente han condicionado el desarrollo de ambientes apropiados para el desarrollo de estas faunas. Estos ambientes correspondieron a cuencas terrestres, excepto un caso que corresponde a un ambiente mixto marino-continental (franja costera de la región de Caldera), en las que se establecieron condiciones de relieve, suministro de agua y, probablemente climáticas, que no sólo favorecieron el desarrollo de estas faunas, sino también el de una abundante vegetación, de la cual se alimentaron las abundantes especies de mamíferos fósiles encontradas. En ellas se reconoce localmente el desarrollo de lagos y existencia de actividad volcánica. Estas cuencas estuvieron controladas por la actividad de fallas (en algunos casos por fallas inversas y en otros por fallas normales), lo cual significa que se desarrollaron en ambientes geológicos tectónicamente activos, pero de naturaleza diferente. En la Región 1 (Precordillera y Cordillera Occidental de Arica), los depósitos sintectónicos se acumularon en cuencas relacionadas con la actividad de fallas inversas y, por lo tanto, se trata de cuencas formadas bajo el imperio de condiciones de deformación en compresión y se las puede denominar *cuencas contraccionales*. En la Región 3 (Cordillera Principal de Chile central), las cuencas se formaron por el desarrollo de fallas normales, es decir, bajo el predominio de condiciones de deformación en extensión, y se las puede denominar *cuencas extensionales*. En las regiones 4 y 5 (de Aisén y de Magallanes), los

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

depósitos también sintectónicos corresponden, en cambio, a cuencas de antepaís formadas en el frente oriental de la cordillera en proceso de alzamiento.

Respecto a la colaboración interdisciplinaria. Esta colaboración ha resultado ser muy exitosa. Ha permitido, por una parte, desarrollar nuevos modelos de evolución tectónica para esta región andina y, por otra, comprender las condiciones paleogeográficas que imperaban durante la evolución de la fauna.

Referencias

- Charrier, R.; Baeza, O.; Elgueta, S.; Flynn, J.J.; Gans, P.; Kay, S.M.; Muñoz, N.; Wyss, A.R.; Zurita, E. 2002. Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36°S.L.). *Journal of South American Earth Sciences* 15: 117-139.
- Charrier, R.; Chávez, A.N.; Elgueta, S.; Hérail, G.; Flynn, J.J.; Croft, D.A.; Wyss, A.R.; Riquelme, R.; García, M. 2005. Rapid tectonic and paleogeographic evolution associated with the development of the Chucal Anticline and the Chucal-Lauca Basin in the Altiplano of Arica, northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 19: 35-54.
- Flynn, J.J.; Charrier, R.; Croft, D. A.; Gans, P.B.; Herriott, T.M.; Wertheim, J.A.; Wyss, A.R. 2008. Chronologic implications of new Miocene mammals from the Cura-Mallín and Trapa-Trapa Formations, Laguna del Laja area, south Central Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 26(4): 412-423.
- Flynn, J.J.; Croft, D.A.; Charrier, R.; Wyss, A.R.; Hérail, G.; García, M. 2005. New Mesotheriidae (Mammalia, Notoungulata, Typotheria), geochronology and tectonics of the Caragua area, northernmost Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 19 (1): 55-74.
- Flynn, J.J.; Marshall, L.; Guerrero, J.; Salinas, P. 1989. Geochronology of middle Miocene ("Friasian" Land Mammal Age) faunas from Chile and Colombia. Annual Meeting, Geological Society of America, Abstracts with Programs 21(6): A133.
- Flynn, J.J.; Novacek, M.J.; Dodson, H.E.; Frassinetti, D.; McKenna, M.C.; Norell, M.A.; Sears, K.E.; Swisher, C.C.; Wyss, A.R. 2002. A new fossil mammal assemblage from the southern Chilean Andes: implications for geology, geochronology, and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 285-302.
- Flynn, J.J.; Wyss, A.R.; Charrier, R. 2007. South America's missing mammals. *Scientific American* 295(5): 68-75.
- Flynn, J.J.; Wyss, A.R.; Croft, D.A.; Charrier, R. 2003. The Tinguiririca Fauna, Chile: biochronology, paleoecology, biogeography, and a new earliest Oligocene South American Land Mammal "Age". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 195 (3-4): 229-259.
- García, M.; Gardeweg, M.; Clavero, J.; Hérail, G. 2004. Hoja Arica. Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica (84): 150 p.
- Marquardt, C. 1999. Neotectónica de la franja costera y aportes a la geología regional entre Caldera y Caleta Pajonal (27°00'-27°45'), III Región de Atacama. Departamento de Geología, Universidad de Chile, Tesis de Magister en Ciencias y Memoria de Título (inédito): 297 p.
- Roth, S. 1908. Beiträge zur Gliederung der Sedimentablagerungen in Patagonien in der Pampas Region. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 26: 92-150.
- Roth, S. 1925. Investigaciones geológicas de la región norte de la Patagonia durante los años 1897 a 1899. IV. La región al Sudeste del Río Corcovado hasta el Lago Fontana. *Revista Museo de La Plata* 28: 146-180.
- Simpson, G.G. 1941. A Miocene sloth from southern Chile. *American Museum of Natural History Novitates* (1156): 1-6.

**FAUNA DE VERTEBRADOS Y ASPECTOS TAFONÓMICOS
DEL 'BONEBED' (MIOCENO TARDÍO) DE LA FORMACIÓN BAHÍA INGLESA**

Carolina S. Gutstein^{1,2}; Roberto E. Yury-Yañez³; Sergio Soto-Acuña³;
Mario E. Suárez²; David Rubilar-Rogers⁴

¹Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile,
sgcarolina@gmail.com.

²Museo Paleontológico de Caldera, Municipalidad de Caldera, Región de Atacama.

³Laboratorio de Zoología de Vertebrados, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de
Ciencias, Universidad de Chile.

⁴Área de Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago

Los vertebrados fósiles de la Formación Bahía Inglesa conforman un conjunto rico y diverso de animales marinos que habitaron la costa de la Región de Atacama durante el Mioceno Medio-Plioceno Tardío (Achurra, 2004). Esta fauna está compuesta por elasmobranchios, osteícteos (peces óseos), crocodilomorfos, aves, mamíferos acuáticos y semiacuáticos, los que provienen de diferentes sitios ('Las arenas', 'El morro' y 'Mina fosforita') y niveles estratigráficos. A pesar de la intensa explotación minera y por parte de comerciantes ilegales, en la 'Mina fosforita' tiene lugar la mejor exposición de los niveles con dicho mineral, denominados en conjunto como 'bonebed' por la alta concentración de huesos de vertebrados (77% del total de la formación; Walsh y Suárez, 2005).

Walsh y Hume (2001, enmendado por Walsh y Suárez, 2005), describieron en forma general la estratigrafía de esta formación y propusieron 3 miembros, de más antiguo a más joven: Morro (unidad 1), 'Bonebed' (unidad 2) y Lechero (unidad 3). Marquardt (1999), Marquardt *et al.* (2000) y Achurra (2004) realizaron las más completas revisiones tectónicas y estratigráficas. Dataciones absolutas (K/Ar) de $7,6 \pm 1,3$ Ma fueron obtenidas en niveles de cinerita (que yacen por sobre las capas de fosforita) de $6,4 \pm 1,1$ Ma, en gravas que engranan con ésta (Marquardt, 1999; Godoy *et al.*, 2003). Achurra (2004) identificó 9 unidades estratigráficas correspondientes a tres secuencias transgresivo-regresivas en la Formación Bahía Inglesa. Sin embargo, el mismo autor consideró que la capa de cinerita datada fue retrabajada y obtuvo una edad relativa (isótopos de Sr) de 6,8 Ma en la parte alta de su unidad 5, que comprende estratos presentes en los sitios 'el Morro' y 'Mina fosforita'. En ambos casos, las capas fosfáticas ('bonebed') estarían situadas en el Tortoniano-Mesiniano (Mioceno Tardío), lo que concuerda en parte con la fauna de vertebrados observada (Tabla 1; Walsh y Suárez 2005).

Walsh y Martill (2006) y Gutstein (2006) han hecho los primeros aportes en la interpretación tafonómica de esta unidad, llegando a la conclusión de que el 'bonebed' es una capa retrabajada de fósiles. Sin embargo, ambas aproximaciones utilizaron marcos geológicos diferentes: el de Walsh y Hume (2001) y Achurra (2004), respectivamente. Walsh y Hume (2001) sugirieron un ambiente con fuerte acción de olas en una zona rocosa que podría haber estado parcialmente emergida durante su formación, comparando la paleobahía con la actual, describiéndola como somera y parcialmente encerrada. Además, sugirieron la presencia de islas de basamento mesozoico utilizadas como hábitat por las aves marinas, sobre la base de la abundancia de huesos fósiles de pingüinos.

La génesis de las rocas fosfáticas fue ampliamente estudiada por Garrison (1992), quien las clasificó en los tipos F, P y D de acuerdo a su origen y proceso diagenético. Diversos factores influyen en la formación de este tipo de depósitos, tales como corrientes y gran cantidad de restos óseos que contengan fosfato (Garrison, 1992). fosfatos P y D fueron reconocidos por Achurra (2004) en el 'bonebed' de la Formación Bahía Inglesa. En ambos tipos, el fosfato constituye nódulos formados bajo alta presión, es decir, a grandes

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

profundidades (Garrison, 1992). Estas rocas fosfatadas pertenecerían a la Unidad 5 de la secuencia transgresivo-regresiva II reconocida por Achurra (2004) y caracterizada por un período regresivo, equivalente a la unidad 2 ('bonebed') de Walsh y Hume (2001).

Ese trabajo se enfoca en la caracterización de la fauna del 'bonebed', la que ha sido mejor estudiada y que hasta el momento presenta la mayor diversidad de taxones de vertebrados y riqueza de especímenes. También se evalúan aspectos tafonómicos con el fin de establecer si se trata (o no) de un 'ensamble' de fauna contemporánea. Los datos tafonómicos se basan en observaciones en los sitios 'Mina Fosforita', 'el Morro' y Rocas Negras, efectuadas entre los años 2005 y 2008.

Características tafonómicas de los materiales fósiles

La presencia de individuos adultos y juveniles de *Brachydelphis mazeasi* Muizon (Pontoporiidae) en el 'bonebed' podría dar sustento a una explicación catastrofista (e.g., mortalidad masiva). Sin embargo, en las tanatocenosis actuales de especies tales como *Pontoporia blainvillei* (Gervais y D'Orbigny) se aprecia una acumulación de restos con una composición etaria similar (C. Gutstein, obs. pers.). Además, en el 'bonebed' hay un notable predominio de fósiles fracturados (ningún cráneo completo fue observado). Este dato, así como la 'buena' preservación de la mayor parte de las piezas o esqueletos (e.g., presencia de detalles anatómicos tales como suturas y forámenes), a excepción de los casos de extrema adherencia del fósil con la matriz fosfática, hacen necesario plantear otras posibles causas para la génesis de este depósito. Además, las fracturas observadas en los huesos provenientes del 'bonebed' son rectas y no astilladas, lo que caracteriza a un material previamente mineralizado (e.g., Holz, 2002).

Observaciones preliminares muestran heterogeneidad en la selección de clastos en distintos afloramientos de la unidad analizada. En el sector de Rocas Negras, cercanos a rocas del basamento mesozoico, se encuentran mayoritariamente escamas de peces pequeñas y fragmentos de troncos vegetales livianos y de tamaño no superior a 10 cm. Por otro lado, una gran concentración de huesos de ballenas (de más de 1m) fue observada en el borde de los primeros acantilados en el sector del Morro, también cercanos a rocas del basamento. Además, en este sitio se encuentran esqueletos asociados de ballenas.

Ambientes de depositación y fosfogénesis

El 'bonebed' está depositado en la base de la unidad 5 (fin del Tortoniano e inicio del Zancleano; Achurra, 2004), marcado por una regresión (posterior al MFS 2, Tortoniano), y evidencia la somerización de la cuenca por aporte de sedimento durante el LST 3 (mínimo regresivo 3), que se extiende desde el Mesiniano hasta el Zancleano (Plioceno Temprano). Los conglomerados fosfatados corresponden a facies de plataforma de esta unidad. Según Garrison (1992), las fluctuaciones entre los niveles alto y bajo del mar permiten alternancias entre tiempos de fosfogénesis: en las fases de nivel alto se acrecienta la depositación de materia orgánica, mientras que durante las fases de nivel bajo ocurre retrabajo y concentración de fosfatos que dan origen a rocas fosfatadas de tipo P por corrientes. Además, las rocas fosfatadas de tipo D (hardground) también se pueden formar en otros tipos de depósitos retrabajados. Muchas veces esto ocurre después de períodos largos sin depositación, y para su formación se requiere ambientes de depositación de plataforma a talud, con aportes de corrientes surgentes durante períodos de transgresión marcados (Marquardt, 1999; Garrison, 1992).

Esquema tafonómico preliminar para la génesis del 'bonebed'

Tomando en cuenta lo expuesto, se propone que la concentración de fósiles de vertebrados de la fosforita, o 'bonebed', se debe al retrabajo del material previamente

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Tabla 1. Listado sintético de la fauna encontrada en el 'bonebed' de la Formación Bahía Inglesa. Los taxones no publicados están identificados mediante el número de colección. MPC- Museo Paleontológico de Caldera, SGO-PV- Área de Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural.

Taxones	Autor ó N° Col.	Taxones	Autor ó N° Col.
'Pisces'			
<i>Hexanchus griseus</i>	Long, 1993	<i>Diomedea</i> sp.	Chávez, 2007a
<i>Echinorhinus</i> sp.	Obs. pers. (MES)	Cf. <i>Spheniscus</i>	Walsh y Hume, 2001
<i>Pristiophorus</i> sp.		<i>Pigосcelis grandis</i>	Walsh y Suárez, 2006
<i>Squatina</i> sp.		<i>Pygoscelis calderensis</i>	Acosta Hospitaleche <i>et al.</i> 2006
<i>Heterodontus</i> sp.		<i>Spheniscus megaramphus</i>	Chávez, 2007b
<i>Odontaspis ferox</i>		<i>Spheniscus urbinai</i>	Chávez, 2007a
<i>Megachasma</i> sp.		Spheniscidae aff. <i>Parapterodytes</i> *	
<i>Isurus paucus</i>		<i>Spheniscus</i> sp.*	
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Long, 1993	<i>Palaeospheniscus</i> sp.*	Acosta-Hospitaleche y Canto, 2005
<i>Cosmopolitodus hastalis</i>	Long, 1993; Suárez y Marquardt, 2003	<i>P. biloculata</i> *	Acosta Hospitaleche <i>et al.</i> , 2005
<i>Charcharodon carcharias</i>		<i>Palaeospheniscinae</i> indet.*	
<i>Charcharocles megalodon</i>		<i>Parapterodytes robustus</i> *	
<i>Paratodus</i> sp.	Obs. pers. (MES)	<i>P. antarcticus</i> *	
<i>Cethorhinus</i> sp.	Long, 1993; obs. pers.(MES)	<i>Parapterodytes</i> sp.*	Acosta Hospitaleche <i>et al.</i> , 2005; Chávez <i>et al.</i> , 2007
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	Obs. pers. (MES)	Parapterodytinae*	
<i>Carcharhinus obscurus</i>			
<i>Galeocerdo aduncus</i>	Long, 1993; obs. pers.(MES)	Pelagornithidae indet.	Chávez <i>et al.</i> , 2007
<i>Galeorhinus</i> sp.			
<i>Sphyrna zigaena</i>		Obs. pers. (MES)	<i>Pelagornis</i> sp.
<i>Dasyatis</i> sp.	Pelagornithidae cf. <i>Pelagornis</i>		
<i>Raja</i> sp.	<i>Phalacrocorax</i> sp.		
<i>Aetobatus</i> sp.	<i>Sula</i> sp.		
<i>Myliobatis</i> sp.		Mammalia	
<i>Aetomylaeus</i> sp.			
<i>Callorhynchus</i> sp.	Suárez y Marquardt, 2003	<i>Acrophoca</i> sp.	Walsh y Naish, 2002
<i>Makaira</i> sp.	Obs. pers. (MES)	<i>Piscophoca</i> aff. <i>pacifica</i>	
Labridae indet.	Suárez y Marquardt, 2003	cf. <i>Pliopontos littoralis</i>	MPC 0003, 3034, SGO PV
<i>Thunnus</i> sp.	Long, 1993	cf. <i>Pontistes</i>	MPC 3052
Serranidae		<i>Brachydelphis mazeasi</i>	Gutstein <i>et al.</i> , en prensa
Reptilia		cf. <i>Brachydelphis</i> n. forma	
Crocodyliformes	Walsh y Suárez, 2005	Phocoenidae indet.	MPC 0004
Aves		cf. <i>Scaldicetus</i>	MPC 0008-20, 0057-60, 0070 78, 0214, 0215
<i>Pachyptila</i> sp.	Sallaberry <i>et al.</i> , 2007	Ziphiidae	MPC 227
Puffinini aff. <i>Calonectris</i>	Yury-Yáñez <i>et al.</i> , 2008	Mysticeti indet.	MPC 001, 3012, 3014-3033
<i>Thalassarche</i> sp.	Walsh y Hume, 2001	<i>Thalasochnus</i>	MPC 0152, 0153

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

depositado y 'pre-mineralizado'. Esta interpretación es concordante con las fluctuaciones del nivel del mar conocidas en la cuenca de Caldera, sobretodo en el rango temporal de la secuencia T-R II de Achurra (2004), así como con el ciclo de fosfogénesis de Garrison (1992). Además, el retrabajo de los fósiles podría explicar su abundancia y diversidad, las que en ese caso serían creadas tafonómicamente, sin corresponder a una tanatocenosis o biocenosis, lo que descarta la posibilidad de mortalidad en masa. De esta manera, los fósiles habrían sido reexhumados del depósito original y redepositados en una misma capa (el "bonebed").

Esta interpretación implicaría que la edad de depositación final en el 'bonebed' es diferente a la del enterramiento primario, ampliando los factores a tener en cuenta para efectuar interpretaciones paleoambientales. El enterramiento y mineralización iniciales de los restos del 'bonebed', y por ende la muerte de los organismos, tendrían una edad mínima tortoniana media, correspondiendo a la fase de MFS de la secuencia II. Esta interpretación concuerda con la edad obtenida a partir de la fauna así como las dataciones de Sr-Sr que dan una edad mínima de 6,8 Ma para la secuencia correspondiente al 'bonebed'.

Por otro lado, el alto grado de retrabajo observado podría indicar una mezcla temporal ('time-averaging') en la tafocenosis, aunque hasta la fecha no se han observado diferencias en los atributos de fosilización entre los restos asociados (e.g., color; a excepción de la meteorización actual). Tampoco se puede precisar si hubo transporte y en que magnitud, necesitándose más estudios en terreno en los diferentes niveles y afloramientos de la formación para contestar tales preguntas.

Fauna de vertebrados de la Formación Bahía Inglesa

Se presenta un listado completo de taxones (Tabla 1) ya reconocidos y algunos registros nuevos. Se han identificado 30 especies de 'peces', siendo apenas un registro a nivel de familia (Labridae indet.). Se destaca la presencia de *C. carcharias*, anteriormente considerado indicador cronoestratigráfico del Plioceno (revisión en Suárez y Marquardt, 2003). De los 35 taxones de tetrápodos identificados, 22 corresponden a aves, 11 a mamíferos y 2 a reptiles. Dentro de los mamíferos, cabe resaltar la mayor diversidad (en un mismo yacimiento) para la Familia Pontoporiidae. En el caso de las aves, se debe considerar que los registros de *Palaeospheniscus* y *Parapterodytes* (Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2005) han sido recientemente puestos en duda y reasignados a *Spheniscus* (Soto-Acuña *et al.*, este volumen), de manera que el número de especies de este grupo puede verse reducido en el futuro (de 8 a 3 taxones). Además de la diversidad, el 'bonebed' también se caracteriza por la cantidad de especímenes de un mismo taxón (tan escasos en el registro fósil de vertebrados), lo que permite realizar estudios de variación (Gutstein *et al.*, en preparación), importantes para evitar las clasificaciones tipológicas (no naturales).

Discusión

La fauna de vertebrados fue estimada en 70 especies (Walsh y Suárez, 2005), considerando taxones no descritos pero que por algún criterio (e.g., tamaño) se diferenciaban de otros especímenes. Aplicando un criterio más conservador, y considerando los especímenes ya asignados o referidos a algún grupo taxonómico, el presente listado menciona un total de 67 taxones (o 62, considerando las observaciones de Soto-Acuña *et al.*, este volumen), lo que se acerca bastante a la estimación anterior.

En el 'bonebed' no se ha podido evaluar la distribución horizontal de los materiales, debido a que hay pocos niveles con una exposición continua. Su origen se interpreta aquí como consecuencia de una re-depositación, sin implicar necesariamente transporte o mezcla temporal.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Sobre la base del esquema tafonómico aquí propuesto, la interpretación paleoambiental de Walsh y Hume (2001) debe ser tomada con cautela, ya que claramente los depósitos fosfáticos no corresponden a ambientes someros o incluso emergidos, como propusieron dichos autores. Sin embargo, la posible presencia de islas no es descartada en el esquema aquí presentado, aunque no se puede afirmar que el ensamble observado en el 'bonebed' corresponda a una biocenosis contemporánea. Aunque Walsh y Martill (2006) también mencionaron un retrabajo en el 'bonebed', lo atribuyeron a un terremoto de grandes proporciones que estaría evidenciado por la presencia de grandes bloques rodados del basamento mesozoico depositados en dicha unidad, lo que además concuerda con la actividad de las fallas colindantes al morro Copiapó (Achurra, 2004; Marquardt *et al.*, 2004).

Walsh y Martill (2006) descartaron algún posible retrabajo por aumento de energía debido a la somerización de la cuenca, ya que no reconocieron superficies de erosión en los demás depósitos. Sin embargo, Achurra (2004) describió como 'erosivo' el límite entre sus unidades 4 y 5, y evidenció que todo el depósito de la unidad 5 (donde se encuentra el 'bonebed') fue generado por la somerización de la cuenca, sobre la base de datos sedimentológicos obtenidos en diversos afloramientos, en especial en la zona de 'El Morro' y más al Sur.

Walsh y Martill (2006) también mencionaron que el depósito aquí analizado era heterogéneo, siendo los grandes huesos (*e.g.*, de ballena) más abundantes en sitios cercanos a las rocas del basamento (gabro), y que la génesis del 'bonebed' estaría ampliamente relacionada con su ubicación entre los principales cuerpos del basamento mencionado. Sin embargo, esta selección de clastos no es generalizada, ya que en afloramientos cercanos y con características de paleorrelieve semejantes presentan tendencias contrarias.

El ciclo de la fosfogénesis de Garrisson (1992) está basado en perforaciones realizadas en la costa de Perú y de Alta California, de manera que es probable que los sedimentos de la Formación Monte Rey (USA; Mesiniano-Tortoniano), las capas fosfáticas aisladas de la Formación Pisco (Perú; hardground de aproximadamente 10 Ma; DeVries, 1998) y el 'bonebed' de la Formación Bahía Inglesa, sean cercanamente contemporáneos. Esta conclusión parece razonable, considerando que, según el mismo autor, la génesis de las rocas fosfáticas estaría ligada a fluctuaciones de nivel eustático globales. Más estudios son necesarios para precisarlo, pero las capas fosfáticas podrían ser una herramienta adicional de correlación entre las formaciones antes mencionadas, convirtiéndose en capas guías. Esto es importante pues hay gran dificultad para correlacionar estas áreas con invertebrados debido a la falta de estudios en moluscos en el norte del país, la que se incrementaría por las barreras climáticas que han sido propuestas para el Neógeno (aguas tibias en Perú y frías en Chile; DeVries y Frassinetti, 2003). Sin embargo, tales barreras no han sido corroboradas por la distribución de taxones de vertebrados presentes en ambas formaciones.

La fauna del 'bonebed' es similar a la registrada en niveles miocenos de la Formación Pisco (Suárez *et al.*, 2005), e incluye un significativo componente de pinnípedos (*e.g.*, *Acrophoca*) y cetáceos: *Pliopontos littoralis* (Plioceno inferior, Formación Pisco), *Brachydelphis mazeasi* (Mioceno Medio, Formación Pisco) y *Pontistes rectifrons* (Mioceno Tardío, Formación Ituzaingó, Argentina). Los registros del 'bonebed' amplían el rango cronoestratigráfico y paleobiogeográfico al menos de las dos especies mencionadas, haciendo más compleja la historia evolutiva de la familia. Sin embargo, los 'niveles de vertebrados' descritos para la Formación Pisco (Muizon y DeVries, 1985) no tienen su correspondencia en los estratos de la Formación Bahía Inglesa, que presenta retrabajo pero no con niveles pliocenos.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Tanto en el caso de los pontopóridos como en los taxones de tiburones (*C. carcharias* y *C. hastalis*) su uso como indicador cronoestratigráfico parece no ser conveniente, ya que si bien se los ha propuesto como guías del Mioceno Tardío y Plioceno en la Formación Pisco (*sensu* Muizon y Devries, 1985), también se encuentran en el 'bonebed' (Mioceno Tardío; Suárez y Marquardt, 2003; Walsh y Suárez, 2005).

Algunos taxones podrían indicar temperaturas más cálidas, tales como *Makaira*, lo que es concordante con los registros de foraminíferos (Marchant *et al.*, 2000) y de vertebrados (*e.g.*, Dugongidae; Bianucci *et al.*, 2006), presentes en otros niveles de la Formación Bahía Inglesa. En cuanto a las aves, casi todos los registros presentados son compartidos con la Formación Pisco, con la excepción de *Pygoscelis* (pingüinos antárticos) y *Thalassarche* (albatros del Hemisferio Sur). La fauna está dominada por pingüinos y procelariiformes (pelágicos) y Sulidae (insulares), con apenas un espécimen de *Phalacrocorax* (costero) y ausencia hasta el momento de Charadriiformes (costero), lo que es concordante con el ambiente de plataforma definido por Achurra (2004).

El registro de los taxones de vertebrados presentes en la Formación Bahía Inglesa aún dista mucho de ser completo, considerando la gran cantidad de materiales referidos a grupos taxonómicos muy generales (Tabla 1) y la abundancia de especímenes sin identificaciones apropiadas en las colecciones disponibles.

Agradecimientos

Uno de los autores (C.S.G.) es becaria CONICYT. Alfonso Rubilar R. (SERNAGEOMIN) revisó el borrador de este trabajo.

Referencias

- Achurra, L. 2004. Cambios del nivel del mar y evolución tectónica de la cuenca neógena de Caldera, III región. Tesis de magíster (Inédito), Departamento de Geología, Universidad de Chile: 138 p.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Canto, J. 2005. Primer registro de cráneos asignados a *Palaeospheniscus* (Aves, Spheniscidae) procedentes de la Formación Bahía Inglesa (Mioceno medio-tardío), Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 78 (3): 489-495.
- Acosta Hospitaleche, C.; Tambussi, C.; Canto, J. 2005. Pingüinos (Aves, Sphenisciformes) fósiles de la colección del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* (54): 141-151.
- Acosta Hospitaleche, C.; Chávez, M.; Fritis, O. 2006. Pingüinos fósiles (*Pygoscelis calderensis* sp. nov.) en la Formación Bahía Inglesa (Mioceno medio-Plioceno), Chile. *Revista Geológica de Chile* 33 (2): 327-338.
- Bianucci, G.; Sorbia, S.; Suárez, M. E.; Landini, W. 2006. The southernmost sirenian record in the eastern Pacific ocean, from the Late Miocene of Chile. *Comptes Rendus Paleovol* 5: 945-952.
- Chávez, M.; Stucchi, M.; Urbina, M. 2007. El registro de Pelagornithidae (Aves: Pelecaniformes) y la avifauna neógena del Pacífico sudeste. *Bulletin de l'institut français d'études andines* 36 (2): 175-197.
- Chávez, M. 2007a. Fossil birds from Chile and the Antarctic Peninsula. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 65(4): 551-572.
- Chávez, M. 2007b. *Spheniscus megaramphus* Stucchi *et al.*, 2003 (Aves, Sphenisciformes) en la Formación Bahía Inglesa, Chile. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 102: 101-107.
- DeVries, T. J. 1998. Oligocene deposition and cenozoic sequence boundaries in the Pisco basin (Peru). *Journal of South American Earth Sciences* 11(3): 217-231.
- DeVries, T. J.; Frassinetti, D. 2003. Range extensions and biogeographic implications of chilean neogene mollusks found in Peru. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 52:141-157.
- Garrison, R. E. 1992. Neogene phosphogenesis allong the eastern margin of the Pacific Ocean. *Revista Geológica de Chile* 19(1): 91-111.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Godoy, E.; Marquardt, C.; Blanco, N. 2003. Geología de la carta Caldera, región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile. Serie Geología Básica (1) mapa escala 1:100.000, Santiago.
- Gutstein, C. S. 2006. *Brachydelphis* (Pontoporiidae, Odontoceti, Cetacea) do neógeno do Pacífico sul oriental. Tesis de magister con publicación asociada sometida (Inédito), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, Brasil: 85 p.
- Holz, M.; Simões, M. G. 2002. Elementos fundamentais de tafonomia. Ufrgs-editora da universidade. Porto Alegre. 231p.
- Long, D. J. 1993. Late Miocene and early Pliocene fish assemblages from the north central coast of Chile. *Tertiary Research* 14(3): 117-126.
- Marchant, M.; Marquardt, C.; Blanco, N.; Godoy, E. 2000. Foraminíferos del área de Caldera (26° 45'-28°s) y su utilización como indicadores cronoestratigráficos del Neógeno *In* Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 2: 499-503. Puerto Varas.
- Marquardt, C. 1999. Neotectónica de la franja costera y aportes a la geología regional entre Caldera y Caleta Pajonal (27°00'-27°45's), III región de Atacama. Tesis de Magister en Ciencias. Universidad de Chile (Inédito), Departamento de Geología: 297 p.
- Marquardt, C.; Blanco, N.; Godoy, E.; Lavenue, A.; Ortlieb, L.; Marchant, M.; Guzmán, N. 2000. Estratigrafía del Cenozoico superior en el área de Caldera (26°45'-28°s). *In* Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 2: 504-508. Puerto Varas.
- Marquardt, C.; Lavenue, A.; Ortlieb, L.; Godoy, E.; Comte, D. 2004. Coastal neotectonics in the southern central Andes: uplift and deformation of marine terraces in northern Chile. *Tectonophysics* 394: 193-219.
- Muizon, C. de.; DeVries, T. J. 1985. Geology and paleontology of late cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). *Geologische Rundschau* 74(3): 547-563.
- Sallaberry, M.; Rubilar-Rogers, D.; Suárez, M. E.; Gutstein, C. S. 2007. The skull of a fossil Prion (Aves:Procellariiformes) from the Neogene (Late Miocene) of northern Chile. *Revista Geológica de Chile* 34 (1): 147-154.
- Soto-Acuña, S.; Yury-Yáñez, R.E.; Otero, R.A.; Rubilar-Rogers, D. (Este volumen). Rectificación de los materiales de Spheniscidae de la colección del Museo Nacional de Historia Natural. Simposio - Paleontología en Chile, No. 1, Libro de Actas: 122-127. Santiago.
- Suárez, M. E.; Marquardt, C. 2003. Revisión preliminar de las faunas de peces elasmobranquios del mesozoico y cenozoico de Chile: su valor como indicadores cronoestratigráficos. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 10, CD-ROM. Concepción.
- Walsh, S.; Hume, J. 2001. A new neogene marine avian assemblage from north-central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 21: 484-491.
- Walsh, S.A.; Naish, D. 2002. Fossil seals from late neogene deposits in South America: a new pinniped (carnivora, mammalia) assemblage from Chile. *Palaeontology* 45 (4): 821-842.
- Walsh, S.A.; Suárez, M. E. 2005. First post-mesozoic record of crocodyliformes from Chile. *Acta Palaeontologica Polonica* 50 (3): 595-600.
- Walsh, S.A.; Suárez, M. E. 2006. New penguin remains from the pliocene of northern Chile. *Historical Biology* 18(2): 115-126.
- Walsh, S.A.; Martill, D. M. 2006. A possible earthquake-triggered mega-boulder slide in a Chilean mio-pliocene marine sequence: evidence for rapid uplift and bonebed genesis. *Journal of the Geological Society of London* 163: 697-705.
- Yury-Yáñez, R.; Rubilar-Rogers, D. E.; Sallaberry, M.; Soto-Acuña, S.; Suárez, M. E. 2008. El cráneo de un Puffinini (Aves, Procellariidae) del Mioceno de la Formación Bahía Inglesa, Desierto de Atacama. *Boletín Chileno de Ornitología* 14 (número extraordinario): 14.

LAS AVES FÓSILES DE LA FORMACIÓN BAHÍA INGLESA: HALLAZGOS Y PERSPECTIVAS

Michel Sallaberry¹; Roberto E. Yury-Yáñez¹; Sergio Soto-Acuña¹; David Rubilar-Rogers²

¹ Laboratorio de Zoología de Vertebrados, Departamento de Ciencias Ecológicas,
Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, msallabe@uchile.cl.

² Área Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago

Introducción

La Formación Bahía Inglesa (Mioceno Medio-Plioceno Superior), en la Región de Atacama, presenta uno de los mayores registros de vertebrados cenozoicos de Chile. Está constituida por una secuencia de sedimentos marinos litorales. Uno de sus niveles corresponde a una capa de conglomerado fosfático conocida como 'bonebed', caracterizada por una inusual abundancia de vertebrados fósiles. En este registro destacan cetáceos, pinnípedos, cocodrilos, quimeras, peces óseos y tiburones, entre otros (e.g., Long, 1993; Walsh y Naish, 2002; Suárez *et al.*, 2004, Walsh y Suárez, 2005; Gutstein y Suárez, 2006; Gutstein *et al.*, este volumen), además de aves. Estas últimas son uno de los componentes más diversos de dicha fauna y han sido uno de los grupos mejor estudiados. Hasta el momento se han reconocido seis familias (Phalacrocoracidae, Sulidae, Pelagornithidae, Diomedidae, Spheniscidae y Procellariidae) pertenecientes a tres órdenes (Pelecaniformes, Procellariiformes y Sphenisciformes).

El presente trabajo resume y actualiza el registro fósil de aves de esta formación, aportando una visión general de la paleornitofauna del Neógeno, y se lo compara con las comunidades actuales de aves que habitan la costa del norte de Chile. Aunque hasta el momento no es posible acotar los pisos para los distintos niveles de la formación (e.g., retrabajo del principal nivel con restos fósiles), se puede afirmar que: 1) las familias Phalacrocoracidae, Sulidae, Diomedidae, Spheniscidae y Procellariidae han estado presentes en las costas chilenas desde hace al menos 6,8 millones de años (edad mínima obtenida por datación con isótopos de Sr según Achurra, 2004); 2) la presencia de los géneros *Pygoscelis* y *Pachyptila*, de distribución más austral, sugiere el establecimiento de corrientes frías al menos durante el Mioceno Tardío; y 3) el conocimiento actual de esta paleornitofauna sólo representa una ligera aproximación de la diversidad de aves en esta formación, ya que la ausencia en estos depósitos de otros taxones que actualmente habitan las costas chilenas puede ser el resultado de un sesgo en el registro fósil.

Finalmente, considerando el auge que está teniendo la paleornitología nacional, se destaca la importancia de las colecciones científicas de referencia para emprender estos estudios y la necesidad urgente de su puesta en valor.

Historia

Hace no más de siete años el registro de aves fósiles en Chile estaba referido tan solo a tres especies, una del Mesozoico y las otras dos del Cenozoico: *Neogaeornis wetzelli* Lambrecht (1929; Formación Quiriquina, Cretácico superior), *Meganhina chilensis* Alvarenga (1995; Formación Cura-Mallín, Mioceno temprano) y *Sula variegata* en Mejillones (Mones, 1986; Formación Mejillones, Cuaternario) (ver Tambussi y Noriega, 1996). Esta situación refleja la escasa actividad en paleontología de vertebrados que había en el país. Sin embargo, comenzando el siglo XXI, el trabajo de Walsh y Hume (2001) sobre aves fósiles de los depósitos marinos de la Formación Bahía Inglesa, donde registraron por primera vez la presencia de cinco familias (Spheniscidae, Sulidae, Phalacrocoracidae, Diomedidae y Pelagornithidae), puso de manifiesto la riqueza de aves fósiles de este yacimiento y su potencial de investigación.

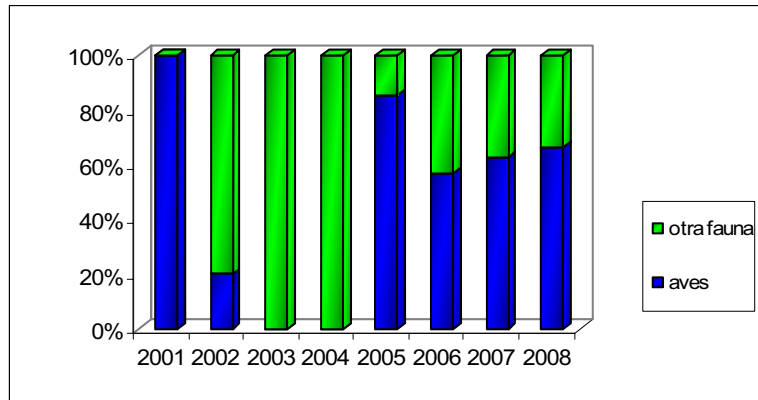


Fig. 1. Proporción de trabajos (publicaciones y resúmenes) centrados en aves en comparación con el total de publicaciones referidas a la fauna encontrada en la Formación Bahía Inglesa.

Esto quedó en evidencia a partir del explosivo interés por el estudio de las aves fósiles en Chile, concentrado particularmente en esta formación (e.g., Acosta Hospitaleche *et al.*, 2002; Walsh y Suárez, 2006; Acosta Hospitaleche *et al.*, 2006; Sallaberry *et al.*, 2007a; Chávez *et al.*, 2007). La figura 1 muestra el porcentaje de trabajos (publicaciones y resúmenes) de aves fósiles en relación al total de otros vertebrados mencionados para esta unidad (que incluye peces elasmobranchios, cocodrilos y mamíferos), siendo evidente que se trata de uno de los grupos más estudiados.

Las aves registradas en la Formación Bahía Inglesa

Sphenisciformes. Los pingüinos son un grupo de aves pelágicas adaptadas al buceo y restringidas al hemisferio sur (Harrison, 1983). Constituyen una única familia con 17 especies distribuidas en seis géneros, con un abundante registro fósil desde el Paleoceno (Slack *et al.*, 2006). Walsh y Hume (2001) asignaron al género *Spheniscus* los primeros restos de pingüinos encontrados en esta formación, reconociendo ejemplares de mayor talla que los actuales. La asignación de algunos ejemplares a géneros descritos en Patagonia (Argentina), tales como *Palaeospheniscus* y *Parapterodytes* (Acosta Hospitaleche *et al.*, 2002; Acosta Hospitaleche *et al.*, 2005; Acosta-Hospitaleche y Canto, 2005) es controversial; la mayoría de estos registros han sido reubicados en géneros actuales (Chávez, 2007a; Soto-Acuña *et al.*, este volumen).

Cuatro especies se encuentran representadas en la Formación Bahía Inglesa. *Spheniscus megaramphus* Stucchi *et al.* (2003) y *S. urbinai* Stucchi (2002) (Chávez, 2006; Chávez, 2007b respectivamente) se caracterizan por ser un 25% y 30% más grandes, respectivamente, que las especies actuales del género. A éstos se suman *Pygoscelis grandis* Walsh y Suárez (2006), que equivale en tamaño al actual pingüino rey *Aptenodytes patagonicus*, y *P. calderensis* Acosta Hospitaleche *et al.* (2006). Las dos primeras especies son compartidas con la Formación Pisco (Perú), donde fueron descritas. Las especies registradas del género *Pygoscelis* son formas endémicas hoy extintas. En la actualidad, este género está restringido a la región subantártica, siendo su distribución más septentrional las islas Malvinas, en la costa Atlántica. Chávez (2007a) identificó siete taxones de Sphenisciformes en esta formación sobre la categoría de especie, destacando además que existe numeroso material fragmentario indeterminado. Soto-Acuña *et al.*, (este volumen) mencionaron un número importante de fósiles asignados previamente a *Palaeospheniscus* que representan una forma de *Spheniscus* de tamaño mayor a las actuales pero menores a las especies peruanas *S. urbinai* y *S. megaramphus*.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

En estudio se encuentra el primer esqueleto articulado de pingüino proveniente de esta unidad (Gutstein *et al.*, 2007), siendo el ave fósil más completo encontrado en Chile.

Procellariiformes. Se trata de aves con tubos nasales, propios del orden. Tienen una distribución cosmopolita y se conocen 93 especies en la actualidad (Harrison, 1983). En la Formación Bahía Inglesa se han identificado dos familias: Diomedidae y Procellariidae. La primera fue mencionada por Walsh y Hume (2001) y estaría representada por los géneros *Thalassarche* y *Diomedea*. La segunda fue identificada por primera vez por Sallaberry *et al.* (2007a) a partir de un neurocráneo asignado al género *Pachyptila*. Recientemente Yury-Yáñez *et al.* (2008) han presentado el registro de un Puffinini aff. *Calonectris*, que sería más afín a los géneros del Atlántico y Pacífico norte en lugar de las formas de la tribu actualmente presentes en las costas chilenas, como *Puffinus*.

Pelecaniformes. Son aves litorales representadas por 55 especies en el mundo, 16 en Chile, de distribución cosmopolita (Harrison, 1983). Walsh y Hume (2001) presentaron los primeros registros de *Sula* sp., *Phalacrocorax* sp. y Pelagornithidae indet. Los piqueros (Sulidae) estarían representados por a lo menos tres formas: una pequeña de género indeterminado y otra afín a la especie actual *Sula variegata*, abundante en las costas de Chile (Sallaberry *et al.*, en prensa). La tercera es una especie de tamaño equivalente a otra especie residente en Chile en la actualidad (*Sula dactylatra*), representada por varios ejemplares (datos inéditos) y de similar tamaño que las descritas por Walsh y Hume (2001) *sensu* Chávez (2007c).

La familia Pelagornithidae comprende aves de gran tamaño, hoy extintas, caracterizadas por tomias con procesos que asemejan falsos 'dientes', con una envergadura alar de un albatros en las formas más pequeñas y cercana a los 6 metros en las más grandes (Olson, 1985). Restos de esta familia han sido encontrados en esta formación (Chávez *et al.*, 2007), destacando el género *Pelagornis*.

Implicancias paleoambientales

Las aves fósiles de la Formación Bahía Inglesa se caracterizan por ser completamente marinas, no necesariamente litorales. Los cormoranes y piqueros son reconocidos por sus hábitos insulares. Los pingüinos, fardelas y albatros son aves pelágicas. Todas estas se agrupan en colonias reproductivas de gran número de individuos, por ejemplo sobre islas, situación común de observar en la costa de Chile en la actualidad (Fig. 2). Esto coincide con la reconstrucción de Walsh y Hume (2001), quienes plantearon la presencia de una bahía similar a la actual, con una profundidad de unos 200 m, y con islas que explicarían la presencia de estas aves estrictamente marinas. Esto es completamente congruente con los datos batimétricos de microfósiles, que señalan ambientes sublitorales a profundidades de 500 m (Marquardt *et al.*, 2000).

En comparación con las taxones actuales de aves, el registro fósil de esta formación no difiere radicalmente en composición con respecto a la existente en la misma latitud, a excepción de una mayor abundancia de Sphenisciformes, incluyendo el género *Pygoscelis* de actual distribución circumpolar, del género *Pachyptila* de distribución más austral, y la presencia de los extintos pelagornítidos. La presencia de los géneros *Pygoscelis* y *Pachyptila* sugiere el establecimiento de corrientes frías al menos en el Mioceno Tardío, siendo consistente con los datos de microfósiles (Marchant *et al.*, 2000). La abundancia de Sphenisciformes y Procellariiformes indican una alta productividad del área, lo que también es apoyado por la diversidad faunística y propuestas previas (Acosta Hospitaleche *et al.*, 2006).



Fig. 2. Colonias de piquero peruano *Sula variegata*, en isla Chañaral, norte de Chile.

Colecciones osteológicas: perspectivas para el estudio continuado de la paleornitología nacional

En paleornitología ha sido un tema recurrente de discusión la necesidad de contar con colecciones de referencia de material osteológico de aves actuales (e.g., Amadon, 1963; Martin, 1983; Bochenski y Tomek, 1995; Olson, 2003). Se trata de uno de los principales puntos de conflicto con los estudios neontológicos, que han privilegiado la confección y curación de pieles. Se desconoce la situación de estas colecciones en el país, aunque han habido esfuerzos por dilucidarlo (Sallaberry *et al.*, 2006), y los únicos datos conocidos son preocupantes por la baja representatividad del material disponible (Escalante y Vuillemier, 1989; Escalante, 1993). Esto ha estimulado la conformación de la Colección Osteológica de Aves del Laboratorio de Zoología de Vertebrados (Universidad de Chile), que en la actualidad cuenta con cerca de 600 ejemplares (Figura 3) y con el único catálogo publicado donde se detallan las especies representadas (Sallaberry *et al.*, 2007b; Soto *et al.*, 2007).

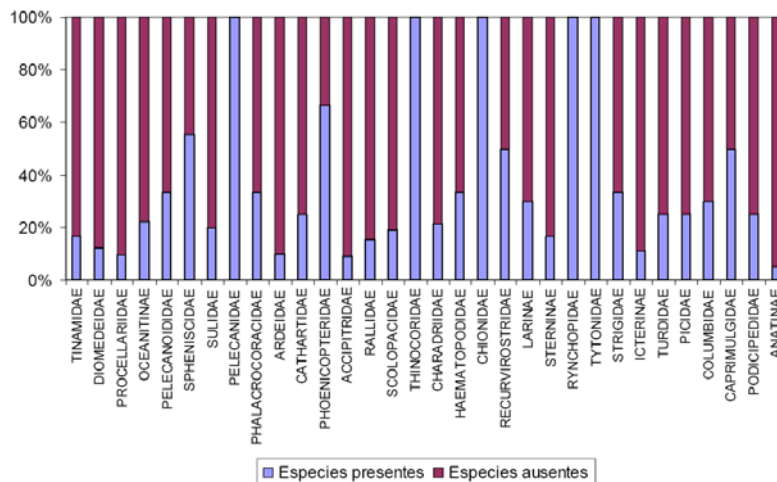


Fig. 3. Representatividad de especies por familia y subfamilia en la colección osteológica de la Facultad de Ciencias (Universidad de Chile).

La situación actual debe ser resuelta con una iniciativa de recolección sostenida de ejemplares, dando a conocer el estado en que se encuentran las colecciones ornitológicas

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

nacionales y promoviendo su mantención. Sólo así se podrá reforzar el creciente auge de la paleornitología en Chile. Tanto la investigación sostenida como la plena validación científica de la paleontología en Chile permitirán detener las principales amenazas de nuestro patrimonio, como el tráfico ilegal, la recolección irresponsable o la actividad minera en el caso de Bahía Inglesa.

Agradecimientos

A Carolina Gutstein, Rodrigo Otero (ambos de la Universidad de Chile) y Mario E. Suárez (Museo Paleontológico de Caldera) por la revisión de este trabajo y por sus sugerencias. Alfonso Rubilar R. (SERNAGEOMIN) aportó valiosas sugerencias al borrador de este trabajo.

Referencias

- Achurra, L. 2004. Cambios del nivel del mar y evolución tectónica de la cuenca neógena de Caldera, III Región. Tesis de Magíster (Inédito). Universidad de Chile, Departamento de Geología: 138 p.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Canto, J. 2005. Primer registro de cráneos asignados a *Palaeospheniscus* (Aves, Spheniscidae) procedentes de la Formación Bahía Inglesa (Mioceno Medio-Tardío), Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* (Chile) 78 (3): 489-495.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Fritis, O.; Tambussi, C.; Quinzio, A. 2002. Nuevos restos de pingüinos (Aves, Spheniscidae) en la Formación Bahía Inglesa (Mioceno superior-Plioceno inferior) de Chile. *In* Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, No. 1, Resúmenes: 16. Santiago.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Tambussi, C. P.; Canto, J. 2005. Pingüinos (Aves, Sphenisciformes) fósiles de la colección del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* (Chile) 54: 141-151.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Chávez, M.; Fritis, O. 2006. Pingüinos fósiles (*Pygoscelis calderensis* sp. nov.) en la Formación Bahía Inglesa (Mioceno medio-Plioceno), Chile. *Revista Geológica de Chile* 33 (2): 327-338.
- Alvarenga, H. 1995. A large and probably flightless Anhinga from the Miocene of Chile. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 181: 149-161.
- Amadon, D. 1963. Comparison of fossil and recent species: some difficulties. *Condor* 65: 407-409.
- Bochenski, Z. M.; Tomek, T. 1995. How many comparative skeletons do we need to identify a bird bone?. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 181: 357-361.
- Chávez, M.F. 2006. Presencia de *Spheniscus urbinai* (Aves: Sphenisciformes) en la Formación Bahía Inglesa: nueva evidencia. *In* Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, No. 9, Resúmenes: 103. Córdoba.
- Chávez, M.F. 2007a. Sobre la presencia de *Parapterodytes* y *Palaeospheniscus* (Aves: Sphenisciformes) en la Formación Bahía Inglesa, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* (Chile) 80 (2): 255-259.
- Chávez, M.F. 2007b. *Spheniscus megaramphus* Stucchi *et al.*, 2003 (Aves, Sphenisciformes) en la Formación Bahía Inglesa, Chile. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 102: 101-107.
- Chávez, M.F. 2007c. Fossil birds of Chile and Antarctic Peninsula. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 65 (4): 551-572.
- Chávez, M.F.; Stucchi, M.; Urbina, M. 2007. El registro de pelagornithidae (aves: pelecaniformes) y la avifauna neógena del Pacífico sudeste. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 36: 175-197.
- Escalante, P. 1993. Directorio de las Colecciones Ornitológicas en los países de la América Neotropical. *In* Curación Moderna de Colecciones Ornitológicas (Escalante, P.; Editor). American Ornithologists' Union: 105-119. Washington D. C.
- Escalante, P.; Vuilleumier, F. 1989. Directorio de Colecciones Ornitológicas en los países de la América Neotropical. *American Museum of Natural History*: 20 p.
- Gutstein, C.; Suárez, M. E. 2006. The cetaceans from Bahía Inglesa Formation (Atacama, Chile): Taphonomic approach and paleogeographical implications. *Journal of Vertebrate Paleontology* 26 (3): 71A.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Gutstein, C.S.; Rubilar-Rogers, D.; Suárez, M. E. 2007. Nuevo yacimiento con vertebrados fósiles del Neógeno en el Desierto de Atacama. Geosur 2007, Abstracts: 70. Santiago de Chile.
- Gutstein, C.S.; Yury-Yáñez, R. E.; Soto-Acuña, S.; Suárez, M. E.; Rubilar-Rogers, D. (Este volumen). Fauna de vertebrados y aspectos tafonómicos del 'bonebed' (Mioceno tardío) de la Formación Bahía Inglesa. In Simposio - Paleontología en Chile, No. 1, Libro de Actas: 102-108. Santiago.
- Harrison, P. 1983. Seabirds: an identification guide. Houghton Mifflin Co., 448 p. Boston.
- Lambrecht, K. 1929. *Neogaeornis wetzeli* n. g. n. sp., der erste Kreidevogel der südlichen Hemisphäre. Paleontologische Zeitschrift 11: 121-129.
- Long, D. J. 1993. Late Miocene and Early Pliocene fish assemblages from the north central coast of Chile. Tertiary Research 14 (3): 117-126.
- Marchant, M.; Marquardt, C.; Blanco, N.; Godoy, E. 2000. Foraminíferos del área de Caldera (26° 45' – 28° S) y su utilización como indicadores cronoestratigráficos del Neógeno. In Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 1: 409-503. Puerto Varas.
- Marquardt, C.; Blanco, N.; Godoy, E.; Lavenu, A.; Ortlieb, L.; Marchant, M.; Guzmán, N. 2000. Estratigrafía del Cenozoico Superior en el área de Caldera (26° 45' – 28° S), III Región de Atacama, Chile. In Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 1: 504-508. Puerto Varas.
- Martin, L. 1983. The origin and early radiation of birds. In Perspectives in Ornithology Essays presented for the Centennial of the American Ornithologists' Union. (Brush, A.; Clark G.; Editors). Cambridge University Press: 291. Cambridge.
- Mones, A. 1986. Paleovertebrata Sudamericana. Catálogo sistemático de América del Sur. Parte 1: Lista preliminar y bibliografía. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 82: 1-50.
- Olson, S. 1985. The fossil record of birds. In Avian Biology (King, J.; Kenneth P.; Editors). Orlando: Academic Press: 79-252.
- Olson, S. 2003. Development and uses of avian skeleton collections. Bulletin of the British Ornithologist Club 123A: 26-34.
- Sallaberry, M.; Yury-Yáñez, R.; Rubilar-Rogers, D.; Soto, S. 2006. Confección del Catastro de las Colecciones Osteológicas de Aves en Chile. Boletín Chileno de Ornitología 12: 50-56.
- Sallaberry, M.; Rubilar-Rogers, D.; Suárez M. E.; Gutstein C. S. 2007a. The skull of a fossil prion (aves: procellariiformes) from the Neogene (Late Miocene) of northern Chile. Revista Geológica de Chile 34 (1): 147-154.
- Sallaberry, M.; Yury, R.; Rubilar-Rogers, D.; Soto, S. 2007b. Estado de Conservación de la Colección Osteológica de Aves de la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Museo Nacional de Historia Natural (Chile), Noticiario Mensual 358: 33-39.
- Sallaberry, M.; Soto-Acuña, S.; Yury-Yáñez, R. E.; Rubilar-Rogers, D. (En prensa). Nuevos registros de la familia Sulidae (Aves, Pelecaniformes) en el Neógeno de la Formación Bahía Inglesa, Desierto de Atacama. Boletín Chileno de Ornitología.
- Slack, K. E.; Jones, C. M.; Ando, T.; Harrison, G. L.; Fordyce, R. E.; Arnason, U.; Penny, D. 2006. Early Penguin Fossils, Plus Mitochondrial Genomes, Calibrate Avian Evolution. Molecular Biology and Evolution 23 (6): 1144-1155.
- Soto-Acuña, S.; Yury-Yáñez, R.; Rubilar-Rogers, D.; Sallaberry, M. 2007. Estado de Conservación de la colección osteológica de aves de la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile: un aporte a los estudios en anatomía comparada. Congreso de la Asociación de Estudiantes de Biología de Chile, No. 2, Libro de Resúmenes: 22. Valparaíso.
- Soto-Acuña, S.; Yury-Yáñez, R. E.; Otero, R. A.; Rubilar-Rogers, D. (Este volumen). Rectificación taxonómica de materiales fósiles de Spheniscidae (Aves: Sphenisciformes) de la Colección del Museo Nacional de Historia Natural. In Simposio – Paleontología en Chile, No. 1, Libro de Actas: 122-127. Santiago.
- Stucchi, M. 2002. Una Nueva Especie de *Spheniscus* (Aves: Spheniscidae) de la Formación Pisco, Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú 94: 17-24.
- Stucchi, M.; Urbina, M.; Giraldo, A. 2003. Una nueva especie de Spheniscidae del Mioceno Tardío de la Formación Pisco, Perú. Bulletin Institute Francais Études Andines 32 (2): 361-375.
- Suárez, M. E.; Lamilla, J.; Marquardt, C. 2004. Peces Chimaeriformes (Chondrichthyes, Holocephali) del Neógeno de la Formación Bahía Inglesa (Región de Atacama, Chile). Revista Geológica de Chile 31 (1): 105-117.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Tambussi, C.; Noriega, J. 1996. Summary of the avian fossil record from southern South America. *In* The vertebrate fossil record of southern South America (Arratia, G.; Editora). Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen 30: 245-264.
- Walsh, S.A.; Hume, J. P. 2001. A new neogene marine avian assemblage from north-central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 21 (3): 484-491.
- Walsh S.A.; Naish D. 2002. Fossil seals from late neogene deposits in South America: a new pinniped (carnivora, mammalia) assemblage from Chile. *Palaeontology* 45 (4): 821-842.
- Walsh, S.A.; Suárez, M.E. 2005. First post-Mesozoic record of Crocodyliformes from Chile. *Acta Palaeontologica Polonica* 50 (3): 595-600.
- Walsh, S.A.; Suárez, M.E. 2006. New penguins remains from the Pliocene of Northern Chile. *Historical Biology* 18 (2): 115-126.
- Yury-Yáñez, R.; Rubilar-Rogers, D.; Sallaberry, M.; Soto, S.; Suárez, M.E. 2008. El cráneo de un Puffinini (Aves, Procellariidae) del Mioceno de la Formación Bahía Inglesa, Desierto de Atacama. *In* Congreso Chileno de Ornitología, No. 9, Libro de Resúmenes. Boletín Chileno de Ornitología 14 (número extraordinario): 14. El Tabo.

LOS PINGÜINOS FÓSILES DE SUDAMÉRICA

Martín F. Chávez

Laboratorio de Paleoeología, Instituto de Geociencias,
Universidad Austral de Chile, paleoaeolos@gmail.com

Introducción

Los pingüinos (Aves: Sphenisciformes) constituyen el grupo de aves marinas más adaptado al buceo. Exclusivos del Hemisferio Sur, diez de las diecisiete especies actuales pueden hallarse en Sudamérica, aunque sólo siete son nidificantes. Sudamérica ha sido reconocida también como una de las áreas más ricas con pingüinos fósiles a nivel mundial, y hasta fines del siglo XX su registro estuvo geográficamente limitado a los afloramientos de la Patagonia Argentina. Sólo a inicios de la presente década se describieron las primeras especies procedentes del sur del Perú (*i.e.*, Stucchi, 2002; Stucchi *et al.*, 2003) y el norte de Chile (*i.e.*, Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2006; Walsh y Suárez, 2006). Actualmente se reconocen dieciséis paleoespecies para Sudamérica, con una distribución cronoestratigráfica entre el Eoceno Medio y el Plioceno Tardío (Fig. 1).

El presente trabajo sintetiza el registro de los Sphenisciformes en el continente, sobre la base de las revisiones de especímenes tipo realizadas por el autor en trabajos previos (Chávez, 2008). Estos se encuentran depositados en las siguientes instituciones: Museo Nacional de Historia Natural (SGO-PV), Santiago, Chile; Museo Paleontológico de Caldera (MPC), Caldera, Chile; Museo de Historia Natural de la Universidad de San Marcos (MUSM), Lima, Perú; Museo Paleontológico 'Egidio Feruglio' (MEF-PV), Trelew, Argentina; American Museum of Natural History (AMNH), New York, USA.

Registro fósil de Sphenisciformes en Sudamérica

Paleógeno. Los registros más antiguos en el continente proceden del Eoceno Medio y Tardío del sur del Perú, y posiblemente del este de Tierra del Fuego en Argentina. *Perudyptes devriesi* Clarke *et al.* (2007), del Eoceno Medio de la Formación Paracas (Perú; Fig. 2A) e *Icadyptes salasi* Clarke *et al.* (2007), del Eoceno Tardío de la Formación Otuma (Perú; Fig. 3F) incluyen los especímenes más completos conocidos (Clarke *et al.*

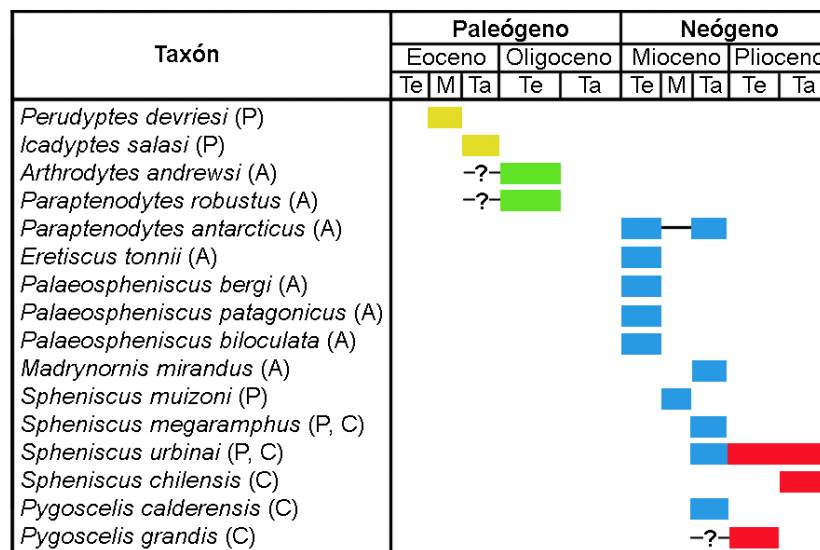


Fig. 1. Rangos cronológicos de las paleoespecies de Sphenisciformes descritas para Sudamérica. En paréntesis se señalan los países con registros confirmados (A- Argentina, C- Chile, P- Perú). Los rangos se presentan según intervalos de edades (Te- Temprano, M- Medio, Ta- Tardío).

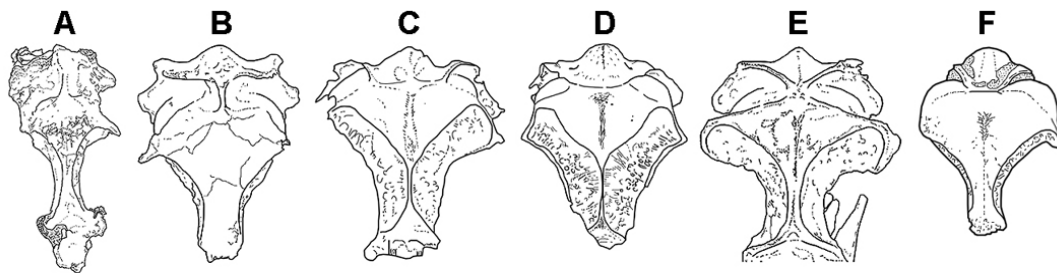


Fig. 2. Neurocráneos de Sphenisciformes fósiles sudamericanos en vista dorsal. A- *Perudyptes devriesi* MUSM 889, B- *Paraptenodytes antarcticus* AMNH 3338, C- *Madrynornis mirandus* MEF-PV 100, D- *Pygoscelis calderensis* SGO-PV 790, E- *Spheniscus urbinai* MUSM 269, F- Spheniscidae indet. cf. *Eudyptula* MPC 1096. Las figuras no están a escala.

2007). También se ha reportado un tibiotarso aislado (MUSM 224) para la Formación Otuma (Acosta-Hospitaleche y Stucchi, 2005). Adicionalmente, Clarke *et al.* (2003) reportan un posible pansphenisciformes procedente del Eoceno Medio de la Formación Leticia (Argentina).

Los restantes registros paleógenos están restringidos al Oligoceno Temprano de la Formación San Julián en Patagonia (Argentina). *Arthrodytes andrewsi* (Ameghino, 1901) y *Paraptenodytes robustus* (Ameghino, 1895) son las únicas especies validadas para esta formación y conforman un grupo morfológico exclusivo de Sudamérica denominado Paraptenodytinae (Acosta-Hospitaleche, 2005).

Neógeno. La mayor riqueza de Sphenisciformes en Sudamérica tuvo lugar en el Mioceno. *Paraptenodytes antarcticus* (Moreno y Mercerat, 1891; Fig. 2B, 3A), presente en el Mioceno Temprano de la Formación Monte León y en el Mioceno Tardío de la Formación Puerto Madryn (Argentina) es el último Paraptenodytinae registrado (Acosta-Hospitaleche, 2003; 2005). Para el Mioceno Temprano de las Formaciones Gaiman y Chenque (Argentina) se ha descrito la presencia de *Eresticus tonnii* Simpson (1981), *Palaeospheniscus bergi* Moreno y Mercerat (1891), *P. patagonicus* Moreno y Mercerat (1891) y *P. biloculata* (Simpson, 1970; Fig. 3E), los que componen el grupo morfológico Palaeospheniscinae (Acosta-Hospitaleche, 2007; Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2004; 2008). Sólo existe un registro confirmado de *Palaeospheniscus* en la costa Pacífica, procedente del Mioceno Medio de la Formación Chilcatay (Perú; Acosta-Hospitaleche y Stucchi, 2005). En Chile, cuatro tarsometatarsos (MPC 1072, 1124, 1194 y 1266) procedentes del Mioceno Medio-Tardío de la Formación Bahía Inglesa (Chile), presentan características afines con el morfotipo Palaeospheniscinae (Chávez, 2008). *Spheniscus muizoni* Göhlich (2007), del Mioceno Medio de la Formación Pisco (Perú) representa el registro más antiguo de la 'corona' Spheniscidae (Göhlich, 2007). Durante el Mioceno el género está representado por *S. megaramphus* Stucchi *et al.* (2003; Fig. 3C) del Mioceno Tardío de la Formación Pisco y de la Formación Bahía Inglesa, y *S. urbinai* Stucchi (2002; Fig. 2E, 3B) del Mioceno Tardío de la Formación Pisco y del Mioceno Medio-Tardío de la Formación Bahía Inglesa (Stucchi, 2002; Stucchi *et al.*, 2003; Chávez, 2008). *Pygoscelis calderensis* Acosta-Hospitaleche *et al.* (2006; Fig. 2D) del Mioceno Tardío de la Formación Bahía Inglesa, corresponde al registro más antiguo del género (Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2006). *Madrynornis mirandus* Acosta-Hospitaleche *et al.* (2007; Fig. 2C, 3D) del Mioceno Tardío de la Formación Puerto Madryn es el único género extinto incluido en la 'corona' Spheniscidae (Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2007). Finalmente, cinco especímenes (MPC 1050, 1088, 1096, 1117 y 1119) procedentes del Mioceno Medio-Tardío de la Formación

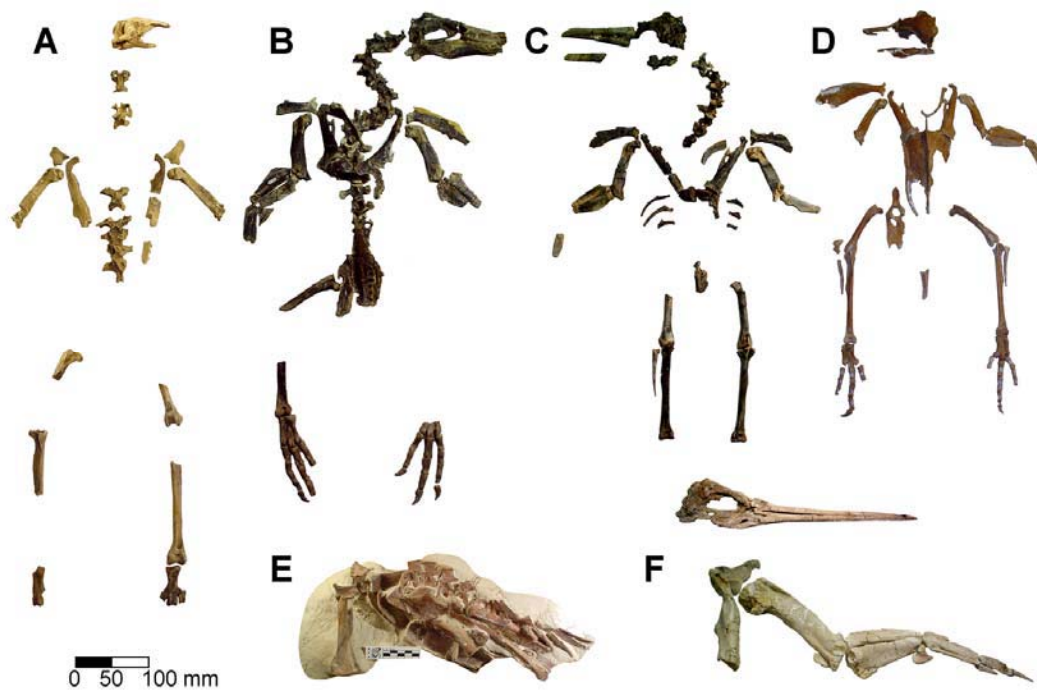


Fig. 3. Esqueletos parciales de Sphenisciformes fósiles sudamericanos. A. *Parapterodytes antarcticus* AMNH 3338, B. *Spheniscus urbinai* MUSM 401, C. *Spheniscus megaramphus* MUSM 800, D. *Madrynornis mirandus* MEF-PV 100, E. *Palaeospheniscus biloculata* MEF-PV 1729, F. *Icadypetes salasi* MUSM 887. En D y F no se incluyen todos los elementos disponibles. Escala = 100 mm.

Bahía Inglesa representan una especie aún sin describir similar al actual género *Eudyptula* (Chávez, 2008; Fig. 2F).

Durante el Plioceno el registro está restringido a la costa del Océano Pacífico y compuesto exclusivamente por géneros de la 'corona' Spheniscidae. *Spheniscus urbinai* persiste durante todo el Plioceno en la Formación Pisco (Stucchi, 2007). En el Plioceno de Chile el género está representado únicamente por *S. chilensis* Emslie & Guerra (2003), del Plioceno Tardío de la Formación La Portada y posiblemente en la Formación Bahía Inglesa (Emslie y Guerra, 2003; Chávez, 2008). Adicionalmente se ha descrito la existencia de *Pygoscelis grandis* Walsh y Suárez, 2006 en el Plioceno Temprano de la Formación Bahía Inglesa (Walsh y Suárez, 2006).

Discusión y conclusiones

Durante la última década el número de cráneos (Fig. 2) y esqueletos parciales (Fig. 3) disponibles ha aumentado significativamente, facilitando la interpretación de los Sphenisciformes fósiles de Sudamérica y su uso en análisis filogenéticos (*i.e.*, Clarke *et al.* 2007; Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2008). Estos estudios no permiten validar de momento a los Parapterodytinae y Palaeospheniscinae como clados monofiléticos. De la presente revisión es posible concluir que *Parapterodytes* y *Arthrodytes* presentan una mayor afinidad morfológica con los taxones paleógenos, mientras que *Eretiscus* y *Palaeospheniscus* resultan más similares a géneros actuales como *Spheniscus* y *Eudyptula*. En este mismo sentido, *Madrynornis* es morfológicamente similar a *Eudyptes* y *Pygoscelis* (Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2007). En el caso de *Perudyptes* e *Icadypetes* se

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

trata de formas claramente afines con géneros paleógenos de Antártica y Nueva Zelanda (Clarke *et al.*, 2007).

Contar con información precisa acerca de la procedencia estratigráfica de los especímenes y efectuar su identificación taxonómica en forma apropiada son claves para la interpretación del registro. La reciente revisión de los Sphenisciformes de la Formación Bahía Inglesa ha permitido descartar la incidencia de especies patagónicas en el Neógeno chileno (Chávez, 2007; 2008), lo que ha modificado significativamente las interpretaciones previas referentes a la extensión estratigráfica de estas especies (Acosta-Hospitaleche, 2006). Los biocronos y distribuciones aquí presentadas son más restringidas, sin observarse grandes similitudes taxonómicas entre las localidades del Pacífico y el Atlántico, de modo que las formas de Chile y Perú resultan más afines entre sí que respecto a las observadas en Argentina. Esto se condice con la zoogeografía actual y sugiere que faunas isocrónicas de localidades del norte de Chile y el sur de Perú pueden haber integrado una misma biota; sin embargo, el efecto que pudo tener el factor latitudinal en la composición de las comunidades locales no puede despreciarse.

La fauna de aves marinas durante el Paleógeno en el Hemisferio Sur está dominada por 'taxones tallo' del orden Sphenisciformes. Los registros eocenos del Perú sugieren una rápida dispersión del orden en la costa del Océano Pacífico y una composición similar a la observada en el Eoceno de Antártica y Nueva Zelanda. Para el Oligoceno Temprano las formas del Atlántico Sudamericano se vuelven más disímiles de las observadas en otras regiones.

El registro en la costa del Océano Atlántico durante el Mioceno Temprano está marcado por la riqueza y abundancia de *Palaeospheniscus*, que domina las formaciones patagónicas. *Eretiscus tonnii* parece ser una especie exclusiva de esta fauna, mientras que *Parapterodytes antarcticus* persistiría al menos hasta el Mioceno Tardío en el Atlántico. Este conjunto de especies representa el último stock de la fauna paleógena de aves marinas. Durante el Mioceno Medio el género *Palaeospheniscus* aparece por primera vez en el Pacífico, al igual que la 'corona' Spheniscidae representada por *Spheniscus*. El Mioceno Tardío constituye el único intervalo que presenta registros simultáneos en la costa Atlántica y Pacífica. Se trata de la última fauna con registro de formas afines a los Palaespheniscinae y la primera con registro de *Pygoscelis*, lo que sugiere un recambio definitivo de los 'taxones tallo' de Sphenisciformes por la 'corona' Spheniscidae en el Pacífico Sudamericano. Simultáneamente en el Atlántico podemos observar una fauna de Sphenisciformes empobrecida y de composición mixta, con la aparición del primer representante de la 'corona' Spheniscidae en el Atlántico, *Madrynormis mirandus*, y la persistencia de *Parapterodytes*. El Plioceno sólo está registrado en el margen oeste de Sudamérica. Durante esta época *Spheniscus urbinai* persiste en el Perú, mientras que en Chile las grandes especies de *Spheniscus* declinan en favor de formas afines a las especies modernas.

Referencias

- Acosta-Hospitaleche, C. 2003. *Parapterodytes antarcticus* (Aves: Sphenisciformes) en la Formación Puerto Madryn (Mioceno Tardío temprano), provincia de Chubut, Argentina. Revista de la Sociedad Española de Paleontología 18: 179-183.
- Acosta-Hospitaleche, C. 2005. Systematic revision of *Arthrodytes* Ameghino, 1905 (Aves, Spheniscidae) and its assignment to the Parapterodytinae. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie 7: 404-414.
- Acosta-Hospitaleche, C. 2006 Taxonomic longevity in penguins (Aves, Spheniscidae). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen 241: 383-403.
- Acosta-Hospitaleche, C. 2007. Revisión sistemática de *Palaeospheniscus biloculata* (Simpson) nov. comb. (Aves, Spheniscidae) de la Formación Gaiman (Mioceno Temprano), Chubut, Argentina. Ameghiniana 44: 417-426.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Acosta-Hospitaleche, C.; Stucchi, M. 2005. Nuevos restos terciarios de Spheniscidae (Aves, Sphenisciformes) procedentes de la costa del Perú. *Revista de la Sociedad Española de Paleontología* 20: 1-5.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Chávez, M.F.; Fritis, O. 2006. Pingüinos fósiles (*Pygoscelis calderensis* nov. sp.) en la Formación Bahía Inglesa (Mioceno Medio-Plioceno), Chile. *Revista Geológica de Chile* 33: 327-338.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Tambussi, C.; Cozzuol, M. 2004. *Eretiscus tonnii* (Simpson) (Aves, Sphenisciformes): materiales adicionales, status taxonómico y distribución geográfica. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 6: 233-237.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Tambussi, C.; Donato, M.; Cozzuol, M. 2007. A new Miocene penguin from Patagonia and its phylogenetic relationships. *Acta Palaeontologica Polonica*. 52: 299-314.
- Acosta-Hospitaleche, C.; Castro, L.; Tambussi, C.; Scasso, R. 2008. *Palaeospheniscus patagonicus* (Aves, Sphenisciformes): New discoveries from the early miocene of Argentina. *Journal of Paleontology* 82: 565-575.
- Chávez, M.F. 2007. Observaciones sobre la presencia de *Parapterodonytes* y *Palaeospheniscus* (Aves: Sphenisciformes) en la Formación Bahía Inglesa, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 255- 259.
- Chávez, M.F. 2008. La ornitofauna de la Formación Bahía Inglesa, Caldera, Chile. Tesis de grado, Escuela de Ciencias, Universidad Austral de Chile: 162 p.
- Clarke, J.; Olivero, E.; Puerta, P. 2003. Description of the earliest fossil penguin from South America and first Paleogene vertebrate locality of Tierra del Fuego, Argentina. *American Museum of Natural History Novitates* (3423): 1-18.
- Clarke, J.; Ksepka, D.; Stucchi, M.; Urbina, M.; Giannini, N.; Bertelli, S.; Narváez, Y.; Boyd, C. 2007. Paleogene equatorial penguins challenge the proposed relationship between biogeography, diversity, and Cenozoic climate change. *Proceedings of the National Academy of Science* 104: 11545-11550.
- Emslie, S.; Guerra, C. 2003. A new species of penguin (Spheniscidae: *Spheniscus*) and other birds from the late Pliocene of Chile. *Proceedings of the Biological Society of Washington* (116): 308-316.
- Göhlich, U. 2007. The oldest fossil record of the extant penguin genus *Spheniscus*, a new species from the Miocene of Peru. *Acta Palaeontologica Polonica* 52: 285-298.
- Stucchi, M. 2002. Una nueva especie de *Spheniscus* (Aves: Spheniscidae) de la Formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica de Perú* (94): 17-24.
- Stucchi, M. 2007. Los pingüinos de la Formación Pisco (Neógeno), Perú. *In European Meeting on the Paleontology and Stratigraphy of Latin America*, No. 4 (Díaz-Martínez, E. and Rábano, I.; Editors) 4: 367-373. Madrid.
- Stucchi, M.; Urbina, M.; Giraldo, A. 2003. Una nueva especie de Spheniscidae del Mioceno Superior de la Formación Pisco, Perú. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos* 32(2): 361-375.
- Walsh, S.A.; Suárez, M.E. 2006. New penguin remains from the Pliocene of Northern Chile. *Historical Biology* 18: 115-126.

**NUEVOS EJEMPLARES DE *PYGOSCELIS GRANDIS*
(SPHENISCIFORMES, SPHENISCIDAE) PROVENIENTES DEL NEÓGENO
(PLIOCENO INFERIOR; MIEMBRO LECHERO, FORMACIÓN BAHÍA INGLESA),
REGIÓN DE ATACAMA, NORTE DE CHILE**

Mario E. Suárez¹; David Rubilar-Rogers²

¹Museo Paleontológico de Caldera, Av. Wheelwright 001, Caldera, Chile.

²Área Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, drubilar@mnhn.cl

Los pingüinos son las aves con el mayor y mejor registro fósil conocido en el país, y la mayor parte de esta información (ya sea considerando el número de especies descritas o determinadas y la abundancia de especímenes) proviene de la Formación Bahía Inglesa.

Hasta la fecha se han reconocido dos especies de pingüinos fósiles del género *Pygoscelis* en el Neógeno (Mioceno-Plioceno) de esta formación. La primera en ser descrita fue *P. calderensis* Acosta-Hospitaleche *et al.* (2006), asignada a un extenso rango de edad (mioceno superior-plioceno). La segunda especie conocida es *P. grandis* Walsh y Suárez (2006), nombre que alude a su gran tamaño (el mayor dentro del género). Además, estaría restringida al Plioceno.

Recientes trabajos de campo realizados en el Miembro Lechero (Piacenciano; Walsh y Suárez, 2005) de la Formación Bahía Inglesa, han permitido obtener una gran cantidad de restos fósiles asociados de pingüinos pertenecientes a *P. grandis* Walsh y Suárez. Los nuevos especímenes son más completos y están mejor preservados que el holotipo de la especie, de manera que permitirán complementar su diagnosis. Además, se trata de varios ejemplares procedentes de un mismo nivel estratigráfico, entre los cuales se han podido reconocer al menos tres adultos, un subadulto y varios juveniles, lo que sugiere la presencia de una colonia reproductiva.

Referencias

- Acosta Hospitaleche, C.; Chávez, M.; Fritis, O. 2006. Pingüinos fósiles (*Pygoscelis calderensis* sp. nov.) en la Formación Bahía Inglesa (Mioceno Medio-Plioceno), Chile. *Revista Geológica de Chile* 33 (2): 327-338.
- Walsh, S.A.; Suárez, M. 2005. First post-Mesozoic record of Crocodyliformes from Chile. *Acta Palaentologica Polonica* 50 (3): 595-600.
- Walsh, S. & Suárez, M. E. 2006. New penguin remains from the Pliocene of Northern Chile. *Historical Biology* 18 (2): 115-126.

RECTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE MATERIALES FÓSILES DE SPHENISCIDAE (AVES: SPHENISCIFORMES) DE LA COLECCIÓN DEL MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL

Sergio Soto-Acuña¹; Roberto E. Yury-Yáñez¹; Rodrigo Otero¹; David Rubilar-Rogers²

¹Laboratorio de Zoología de Vertebrados, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, arcosaurio@gmail.com.

²Área de Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, drubilar@mnhn.cl

Introducción

Hasta ahora, los hallazgos de Sphenisciformes en Chile provienen de tres unidades geológicas diferentes: 1- Formación Mejillones (Mioceno Superior- Plioceno); con *Spheniscus chilensis* Emslie y Guerra (2003); 2- Formación Coquimbo (Mioceno-Plioceno), con Spheniscidae cf. *Palaeospheniscus* (Acosta-Hospitaleche *et al.*, 2006a); 3- Formación Bahía Inglesa (Mioceno Medio-Plioceno Inferior), con *Spheniscus urbinai*, *Spheniscus megaramphus*, *Pygoscelis calderensis*, *Pygoscelis grandis*, Spheniscidae indet. aff. *Parapterodytes*, Spheniscidae gen. indet. nov. sp. y *Spheniscus* sp. (Walsh y Hume, 2001; Walsh, 2004; Walsh y Suárez, 2006; Acosta Hospitaleche *et al.*, 2006b; Chávez 2007). Como se puede apreciar, esta última es la unidad geológica que contiene la mayor diversidad taxonómica de estas aves fósiles en Chile.

Acosta Hospitaleche *et al.* (2005) dieron a conocer una lista de materiales de Sphenisciformes provenientes de la Formación Bahía Inglesa, presentes en la colección del Museo Nacional de Historia Natural (MNHN). En este listado reconocieron los taxones: *Palaeospheniscus biloculata*, *Palaeospheniscus* cf. *P. biloculata*, *Palaeospheniscus* sp., *Palaeospheniscinae* indet., *Parapterodytes robustus*, *P. antarcticus*, *P. cf. antarcticus*, *Parapterodytes* sp., *Parapterodytinae* indet. y Spheniscidae cf. *Parapterodytinae*. En dicho listado se incluye al género *Palaeospheniscus*, un taxón patagónico, identificado a partir de restos craneales no asociados. Sin embargo, esta asignación de material craneal a *Palaeospheniscus* ha sido discutida (Chávez, 2007), ya que el género fue descrito sobre la base de especímenes postcraneales.

En el presente trabajo se entrega un listado de los materiales de Sphenisciformes (principalmente piezas post craneales) de la colección del MNHN, citados por Acosta Hospitaleche *et al.* (2005), cuya asignación ha sido modificada de acuerdo al nuevo panorama sistemático hoy disponible.

Materiales y Métodos

Los fósiles examinados de Spheniscidae se encuentran depositados en la colección del Área de Paleontología de Vertebrados del Museo Nacional de Historia Natural bajo el acrónimo SGO.PV. Estos materiales fueron descritos de acuerdo a la nomenclatura osteológica de Baumel y Witmer (1993). Las medidas fueron tomadas con un calibre Vernier de 0,01 mm. La diagnosis para los géneros sigue la propuesta de Acosta Hospitaleche (2004). Para las designaciones sistemáticas de los tarsometatarsos se utilizó un análisis morfométrico basado en Acosta Hospitaleche y Gasparini (2007). Para el caso de la reasignación de los materiales previamente identificados como *Palaeospheniscus* se utilizó, como elemento discriminante, el índice de elongación del tarsometatarso de acuerdo a Acosta-Hospitaleche (2004). Este índice hace referencia a las proporciones entre el largo máximo y ancho proximal del tarsometatarso; un valor mayor que 2 corresponde al género *Palaeospheniscus*.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Sistemática paleontológica

SPHENISCIFORMES Sharpe, 1891
SPHENISCIDAE Bonaparte, 1831
Spheniscus Moehring, 1758

Spheniscus aff *S. megaramphus* y *S. urbinai*

Material. tarsometatarso: SGO.PV 998.

Discusión. Presenta un índice de elongación (1,85) similar al de *Pygoscelis grandis* Walsh y Suárez, y en el rango esperado para *S. urbinai* (1,7-1,97; Göhlich, 2007). Metatarsales conspicuos. Al igual que en *Spheniscus*, la 'eminencia intercotylaris' es alta en toda su extensión, y la configuración de los forámenes está de acuerdo al género (*sensu* Acosta Hospitaleche, 2004).

Spheniscidae aff. *Palaeospheniscus bilocolata*

Material. tarsometatarso: SGO.PV 1014.

Discusión. El índice de elongación es mayor que 2. La configuración de los forámenes vasculares es similar a lo observado en *Palaeospheniscus*. La vista craneal está cubierta de sedimento, lo que impide estimar el grado de fusión de los metatarsales (mayor en *Palaeospheniscus* que en *Spheniscus*).

Spheniscus sp. indet.

Material. Tarsometatarsos: SGO.PV 989, SGO.PV 990, SGO.PV 1046. Húmeros: SGO.PV 987, SGO.PV 991, SGO.PV 980, SGO.PV 1031, SGO.PV 992.

Discusión. Tarsometatarsos más pequeños que *Spheniscus urbinai* pero mayores a *S. humboldti*, índice de elongación < 2. Metatarsales conspicuos como en el género *Spheniscus*. Previamente asignados a *P. bilocolata* (SGO.PV 989 y 990) y *Palaeospheniscus* sp. (SGO.PV 1046).

Todos los húmeros son más pequeños que *S. urbinai* pero mayores a *S. humboldti*, sin embargo, el ángulo preaxial es menor a 20°, en *Spheniscus* es menor a 20°. SGO.PV 987 fue previamente asignado a *P. bilocolata*, mientras SGO.PV 991, 992, 980 y 1031 fueron designados como *P. cf bilocolata*.

Spheniscidae cf. *Spheniscus*

Material. SGO.PV 1052; tarsometatarso.

Discusión. La morfología general es similar a los materiales antes mencionados (asignados a *Spheniscus* sp. indet.). El deterioro de la 'eminencia intercotylaris' impide contrastar el índice de elongación, lo que impide confirmar esta semejanza.

Spheniscidae indet

Material. fragmentos distales de húmero SGO.PV 988 (asignado previamente a *P. bilocolata*), SGO.PV 981 (referido previamente a *P. cf bilocolata*), SGO.PV 997 (asignado previamente a *Palaeospheniscinae* indet). SGO.PV 1034 tibiatarso (asignado previamente a *Parapterodytes robustus*), SGO.PV 1072 tibiatarso (asignado previamente a *Parapterodytes* sp.) SGO.PV 1032 fémur (referido previamente a *Parapterodytes* cf

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

antarcticus) SGO.PV 1037 fémur (referido previamente como Spheniscidae cf Paraptenodytinae)

Discusión. Materiales fragmentarios o carentes de rasgos diagnósticos. Sólo pueden ser asignados a Spheniscidae.

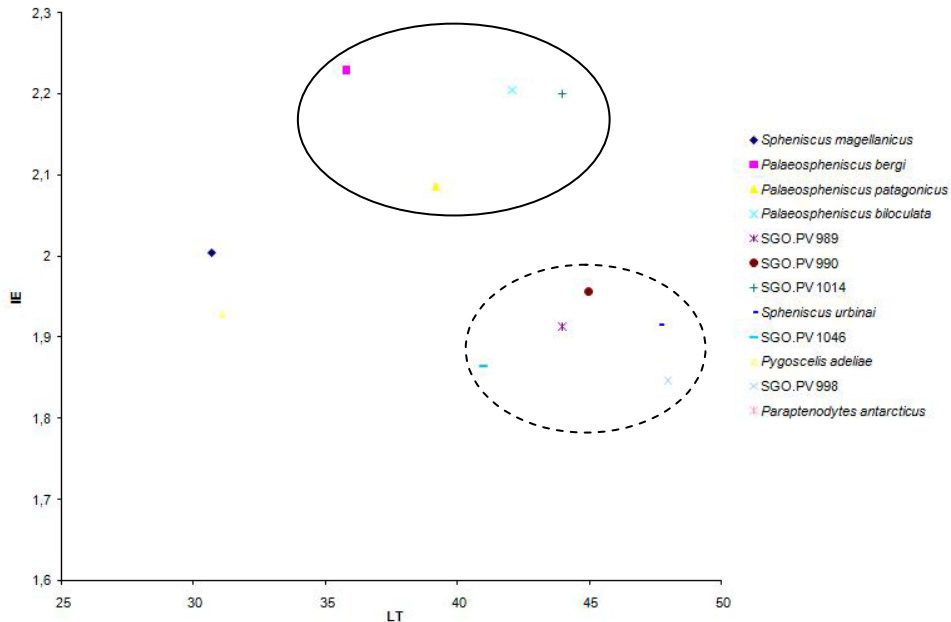


Fig. 1. Análisis morfométrico. *IE* = índice de elongación del tarsometatarso. *LT* = largo total del tarsometatarso. Los datos de las especies de *Spheniscus*, *Palaeospheniscus* y *Pygoscelis* fueron tomados de Acosta Hospitaleche y Gasparini (2007). La elipse con línea continua agrupa a los especímenes de *Palaeospheniscus*. La elipse de línea discontinua agrupa a *Spheniscus urbinai* y los tarsometatarsos del presente trabajo asignados a *Spheniscus*. Estas elipses son descriptivas y no representan test estadísticos debido al reducido número de la muestra. No se incluye SGO.PV 1052 cuya eminentia intercotylaris se encuentra deteriorada, subestimando el índice de elongación.

ACTINOPTERYGII Klein, 1885
TELEOSTEI Müller, 1845

Teleostei indet.

Material. SGO-PV-1054; neurocráneo de pez óseo, del cual sólo se conserva su parte posterior.

Discusión. La forma del neurocráneo es deprimida dorso-ventralmente. El basioccipital se proyecta en sentido posterior; en esta última vista es posible apreciar que tiene una posición central. El supraoccipital se encuentra en gran parte cubierto por roca fosfática; sin embargo, la cresta supraoccipital es visible y está bien desarrollada (Fig. 2). La presencia del hueso supraoccipital permite asignar la pieza estudiada a un pez teleosteo (Nybelin, 1971; Maisey, 1999).

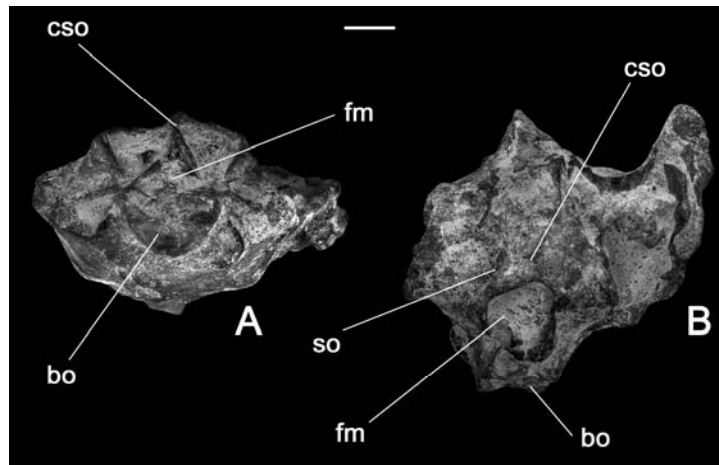


Fig. 2: SGO-PV-1054, Teleostei indet., porción posterior del neurocráneo, A- vista posterior, B- vista dorsal. bo- basioccipital, fm- foramen mágnum, so- supraoccipital, cso- cresta supraoccipital. Escala = 1 cm.

Tabla 1. Cuadro resumen de los materiales revisados en el presente trabajo, en comparación a la asignación previa de Acosta Hospitaleche *et al.* (2005).

Acrónimo	Asignación previa (Acosta-Hospitaleche <i>et al.</i> 2005)	Reasignación (este trabajo)
SGO.PV 998	Paraptenodytinae indet.	<i>Spheniscus</i> aff. <i>S. megaramphus</i> y <i>S. urbinai</i>
SGO.PV 1014	<i>Palaeospheniscus biloculata</i>	Spheniscidae aff. <i>Palaeospheniscus biloculata</i>
SGO.PV 980	<i>Palaeospheniscus</i> cf. <i>biloculata</i>	<i>Spheniscus</i> sp. indet.
SGO.PV 987	<i>Palaeospheniscus biloculata</i>	
SGO.PV 989	<i>Palaeospheniscus biloculata</i>	
SGO.PV 990	<i>Palaeospheniscus biloculata</i>	
SGO.PV 991	<i>Palaeospheniscus</i> cf. <i>biloculata</i>	
SGO.PV 992	<i>Palaeospheniscus</i> cf. <i>biloculata</i>	
SGO.PV 1031	<i>Palaeospheniscus</i> cf. <i>biloculata</i>	
SGO.PV 1046	<i>Palaeospheniscus</i> sp.	
SGO.PV 1052	<i>Palaeospheniscus</i> sp.	Spheniscidae cf. <i>Spheniscus</i>
SGO.PV 981	<i>Palaeospheniscus</i> cf. <i>biloculata</i>	Spheniscidae indet.
SGO.PV 988	<i>Palaeospheniscus biloculata</i>	
SGO.PV 997	Palaeospheniscinae indet.	
SGO.PV 1032	<i>Paraptenodytes</i> cf. <i>antarcticus</i>	
SGO.PV 1034	<i>Paraptenodytes robustus</i>	
SGO.PV 1072	<i>Paraptenodytes</i> sp.	
SGO.PV 1037	Spheniscidae cf. Paraptenodytinae	
SGO.PV 1054	<i>Palaeospheniscus</i> sp.	Teleostei indet.

Conclusiones

Entre los materiales afines en diverso grado a Spheniscidae, aquí mencionados, no se encontraron rasgos diagnósticos que permitieran asignarlos a las especies *Palaeospheniscus biloculata*, *Parapterodytes robustus* y *Parapterodytes antarcticus* que Acosta Hospitaleche *et al.* (2005) reportan. Sólo un tarsometatarso (SGO.PV 1014) muestra cierta afinidad con la especie patagónica *Palaeospheniscus biloculata* congruente con el análisis morfométrico de dicha pieza ósea. En la costa occidental de Sudamérica el género *Palaeospheniscus* ha sido registrado por Acosta Hospitaleche y Stucchi (2005) en Perú (Formación Chilcatay; Mioceno Medio temprano) y en Acosta Hospitaleche *et al.* (2006a) en Chile (Formación Coquimbo; Mioceno tardío-Plioceno tardío). Ambos registros corresponden a material apendicular aislado. En el caso de los tarsometatarsos aislados la asignación es factible dado que los holotipos también corresponden a tarsometatarsos aislados.

La morfometría de los tarsometatarsos agrupa los materiales SGO.PV 989, SGO.PV 990, SGO.PV 1046 y SGO.PV 998 junto a *Spheniscus urbinai*. Sin embargo, esta especie es indistinguible de *S. megaramphus*, de similar tamaño, ya que no existe postcráneo conocido para esta última. El tamaño de los 3 primeros tarsometatarsos es menor a lo esperado para *S. urbinai* y mayor que *S. humboldti*, lo que podría sugerir la presencia de una forma intermedia del género para la Formación Bahía Inglesa.

La presencia de material apendicular referido a *Palaeospheniscus*, mencionado en Acosta Hospitaleche *et al.* (2005), es presentada como argumento por Acosta Hospitaleche y Canto (2007) para asignar neurocráneos aislados de la Formación Bahía Inglesa a este género patagónico. A partir de la reasignación de los materiales presentados en este trabajo, tal argumentación es considerada inválida.

Finalmente, un fragmento de neurocráneo (SGO.PV 1054), asignado previamente al género *Palaeospheniscus* (Acosta Hospitaleche *et al.*, 2005), es referido a un pez teleosteo. No descartamos que la asignación errónea pueda corresponder a una confusión de los números durante la catalogación de los materiales.

Agradecimientos

A Carolina Gutstein (Universidad de Chile), Michel Sallaberry (Universidad de Chile), Mario Suárez (Museo Paleontológico de Caldera), Gloria Arratia (Museum of Natural History, University of Kansas), Alfonso Rubilar R. (SERNAGEOMIN) y Carolina Acosta Hospitaleche (Museo de la Plata) por sus comentarios en la preparación del manuscrito.

Referencias

- Acosta Hospitaleche, C. 2004. Los Pingüinos (Aves, Sphenisciformes) fósiles de Patagonia. Sistemática, biogeografía y evolución. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata. La Plata, Argentina, 321 p. Inédito.
- Acosta Hospitaleche, C.; Canto, J. 2005. Primer registro de cráneos asignados a *Palaeospheniscus* (Aves, Spheniscidae) procedentes de la Formación Bahía Inglesa (Mioceno Medio-Tardío), Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 78 (3): 489-495.
- Acosta Hospitaleche, C.; Canto, J.; Tambussi, C. P. 2006a. Pingüinos (Aves, Spheniscidae) en Coquimbo (Mioceno medio-Plioceno tardío), Chile y su vinculación con las corrientes oceánicas. *Revista Española de Paleontología* 21 (2): 115-121.
- Acosta Hospitaleche, C.; Chávez, M.; Fritis, O. 2006b. Pingüinos fósiles (*Pygoscelis calderensis* sp. nov.) en la Formación Bahía Inglesa (Mioceno Medio-Plioceno), Chile. *Revista Geológica de Chile* 33 (2): 327-338.
- Acosta Hospitaleche, C.; Gasparini, G. 2007. Evaluación con fines sistemáticos de los caracteres del tarsometatarso de los Spheniscidae. *Ornitología Neotropical* 18: 277-284.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Acosta Hospitaleche, C.; Stucchi, M. 2005. Nuevos restos terciarios de Spheniscidae (Aves, Sphenisciformes) Procedentes de la costa del Perú. *Revista Española de Paleontología* 20 (1): 1-5.
- Acosta Hospitaleche, C.; Tambussi, C. P.; Canto, J. 2005. Pingüinos (Aves: Sphenisciformes) fósiles de la colección del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 54: 141-151.
- Baumel, J.; Witmer, L. M. 1993. Osteología. *In Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium* (Baumel J, A King, JE Breazile, H Evans and J.C. Vanden Bergue; Editors). Cambridge University Press, p. 45-132. Cambridge, Massachusetts.
- Chávez, M. 2007. Sobre la presencia de *Parapterodytes* y *Palaeospheniscus* (Aves: Sphenisciformes) en la Formación Bahía Inglesa, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80 (2): 255-259.
- Emslie, S. D.; Correa, C. G. 2003. A new species of penguin (Spheniscidae: *Spheniscus*) and others birds from the Late Miocene / Early Pliocene of Chile. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 116: 308-316.
- Göhlich, U. 2007. The oldest fossil record of the extant penguin genus *Spheniscus*- a new species from the Miocene of Peru. *Acta Palaeontologica Polonica* 52(2): 285-298.
- Maisey, J. G. 1999. The Supraotic Bone in Neopterygian Fishes (Osteichthyes, Actinopterygii). *American Museum Novitates* 3267: 1-52.
- Nybelin, O. 1971. On the caudal skeleton in *Elops*, with remarks on other teleostean fishes. *Acta R. Soc. Sci., litt. gothoburg. Zool.* 7: 1-52.
- Walsh, S. A. 2004. New Penguin Remains from the Neogene of Chile. *International Meeting of the Society of Avian Paleontology and Evolution*, No. 6, Abstracts: 60-61. Quillan, France.
- Walsh, S. A.; Hume, J. P. 2001. A new neogene marine assemblage from North Central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 21 (3): 484-491.
- Walsh, S. A.; Suárez, M. E. 2006. New penguin remains from the Pliocene of Northern Chile. *Historical Biology* 18 (2): 115-126.

FAUNA FÓSIL DEL SITIO PILAUCO, OSORNO, CHILE

Omar P. Recabarren^{1,2}; Izzat Montero^{1,2}; Karen Moreno^{1,3}; Martín F. Chávez¹;
Leonora Salvadores-Cerda^{1,2}; Alejandra Martel-Cea^{1,2}; Patricia Canales^{1,2}; Erwin González^{1,2};
Ximena R. Navarro⁴; Milton Gallardo⁵; Mario Pino^{1,2}

¹Laboratorio de Paleocología, Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile. ²Núcleo Milenio FORECOS. ³School of Biological Earth and Environmental Sciences, University of New South Wales, Sydney, New South Wales 2052 Australia. ⁴Universidad Católica de Temuco. ⁵Instituto de Ecología y Evolución, Universidad Austral de Chile

El sitio Pilauco se ubica en la Región de Los Lagos, inserto en la zona urbana de la ciudad de Osorno (40° 39'S - 73°07'W). Fue descubierto accidentalmente por la empresa constructora Fourcade en febrero 1986, durante las faenas de edificación del complejo habitacional Los Notros. En el lugar se rescataron algunas piezas correspondientes a un húmero derecho (MHMOP/PI/17) y las ramas maxilares derecha (MHMOP/PI/14) e izquierda (MHMOP/PI/14) con sus molares, un molar m2 (MHMOP/PI/16), tres vértebras torácicas (MHMOP/PI/18, MHMOP/PI/19, MHMOP/PI/20), y restos de huesos fragmentados no identificados, los que fueron descritos preliminarmente como restos de megafauna perteneciente a *Cuvieronius hyodon* (e.g., Frassinetti y Alberdi, 2000), los que estaban asociados con abundante material vegetal. Los materiales fueron enviados al Museo Nacional de Historia Natural en Santiago, donde se realizaron los análisis preliminares. Los fósiles se encuentran en la actualidad en el Museo Histórico Municipal de Osorno en exposición.

El estudio de estas piezas y de otras encontradas en sitios del centro sur de Chile, incluyendo defensas (Frassinetti y Alberdi, 2000; 2005), permitirían corroborar si en esta parte del territorio chileno existió sólo un género de gonfoterio, *Stegomastodon* (Recabarren, 2007). Al considerar los hábitos ecológicos de gonfoterios y sus parientes vivos más cercanos (Sánchez *et al.*, 2003), *Loxodonta africana* (elefante africano) y *Elephas maximus* (elefante asiático), y ya que estos dos proboscídeos recorren grandes distancias en busca de alimento y agua, es posible suponer que una población de la especie *Stegomastodon platensis* del sector argentino, cuyo registro más Austral se encuentra en los 37° latitud Sur (Tonni, 1987), pudo cruzar la cordillera Andina por los pasos bajos de la misma (Moreno *et al.*, 1994), como parte de su migración normal o bien colonizando territorios no ocupados por animales consumidores primarios de esa talla, como es el caso de la Isla Grande de Chiloé.

Por otra parte, restos preliminarmente identificados como vegetales indeterminados resultaron corresponder a partes de tejidos blandos y piel (MHMOP/PI/29). Un fechado sobre hueso arrojó una antigüedad de 14.649 ± 382 años cal. A. P. (Montero, 2007), ubicando a este sitio en el Pleistoceno Superior.

Estos nuevos datos permitieron fundamentar y obtener financiamiento para el proyecto de investigación del Sitio (FNDR 2308-42-LE07 de la Región de Los Lagos). A partir de noviembre de 2007 y hasta marzo de 2008 se realizó la excavación y estudio en terreno del Sitio Pilauco. Se excavaron aproximadamente 25 m² con una profundidad de entre 2,5 a 3,5 m (Fig. 1). La sedimentología del lugar permite interpretar la tafocías allí presente como un 'ox-bow lake' en una planicie aluvial (Brown, 2001), en la cual las aguas se movían lentamente o se hallaban estancadas, debido a que el fango es un sedimento fino y rico en materia orgánica que requiere de aguas tranquilas para depositarse. La materia orgánica fue la suficiente como para originar un ambiente anóxico, que favoreció la conservación de las piezas y tejidos.

Durante la excavación se recuperaron 706 restos óseos y dentarios que han permitido identificar al menos nueve animales distintos. Se han logrado identificar la

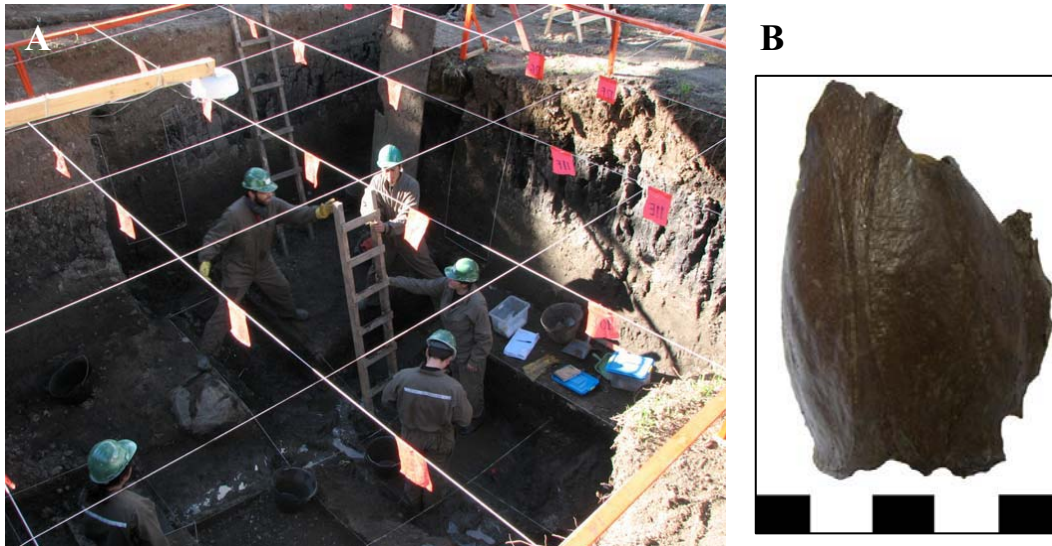


Fig. 1. El sitio Pilauco y ejemplo de la paleofauna de mamíferos encontrada. A- Excavación, B- bóveda craneana de *Conepatus* sp. Escala en cm.

Familia Gomphoteriidae (Cabrera, 1929) con la especie *Stegomastodon platensis*; y preliminarmente el Género *Equus* con la subespecie *Amerhippus*.

En Sudamérica se registran el género *Hippidion* (Owen, 1869 y el subgénero *Equus* (*Amerhippus*) Hoffstetter, 1950 (Alberdi y Frassinetti, 2000; Alberdi y Prado, 1992). El primero es conocido desde el Plioceno Tardío hasta el Holoceno, y el segundo a partir del Pleistoceno Medio (Rodríguez, 2005). El caballo encontrado en el sitio Pilauco está representado por una serie de molares y epífisis de huesos largos, restos que, como ya se indicó, corresponderían al subgénero *Equus* (*Amerhippus*). Éste correspondería a uno de los registros más australes en Chile hasta el momento. Además, se han reconocido miembros del Orden Artiodactyla (en estudio) así como del Orden Rodentia, este último con las familias Myocastoridae (*Loxodontomys micropus*) y Mephitidae (*Conepatus* sp.) (Fig.2). Además, se registran insectos del Orden Coleoptera (Familia Tenebrionidae). Existen otros huesos fósiles que se encuentran aún en etapa de estudio así como al menos 4 coprolitos.

La presencia de algunos conspicuos y primitivos artefactos de piedra unifaciales y restos de madera, asociados espacialmente a la misma capa portadora de los fósiles, podría permitir hipotetizar que el pantano fue empleado como un lugar para depositar restos alimentarios por una población contemporánea a Monte Verde, lo que explicaría la alta diversidad de fauna en tan pequeña superficie.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada parcialmente por los proyectos FNDR 2308-42-LE07 de la Región de Los Lagos (MP y RXN) y P04-065F de la Iniciativa Científica Milenio de MIDEPLAN (MP).

Referencias

- Alberdi, M. T.; Frassinetti, D. 2000. Presencia de *Hippidion* y *Equus* (*Amerhippus*) (Mammalia, Perissodactyla) y su distribución en el Pleistoceno Superior de Chile. Estudios Geológicos 56: 279-290.
- Alberdi, M. T.; Prado, J. L. 1992. El registro de *Hippidion* Owen, 1869 y *Equus* (*Amerhippus*) Hoffstetter, 1950 (Mammalia, Perissodactyla) en América del Sur. Ameghiniana 29(3): 265-284.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Brown, A.G. 2001. Alluvial geoarchaeology. Foodplain archaeology and environmental change. 2a Ed. Cambridge University Press: 377 p.
- Cabrera, A. 1929. Una revisión de los Mastodontes Argentinos. Revista del Museo de La Plata 32: 61-144.
- Frassinetti, D.; Alberdi, M. T. 2000. Revisión y Estudio de los Restos Fósiles de Mastodontes de Chile (Gomphotheriidae): *Cuvieronius hyodon*, Pleistoceno Superior. Estudios Geológicos 56: 3-4.
- Frassinetti, D.; Alberdi, M. T. 2005. Presencia del género *Stegomastodon* entre los restos fósiles de mastodonte de Chile (Gomphotheriidae), Pleistoceno superior. Estudios Geológicos 61: 101-107.
- Montero, I. 2007. Tafocenosis de Tejidos Blandos, Pleistoceno Superior, Sitio Pilauco Osorno, Chile. Universidad Austral de Chile, Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Biológicas (Inédito): 34 p.
- Moreno, P. I.; Villagran, C.; Marquet, P. A.; Marshall, L. G. 1994. Quaternary paleobiogeography of northern and central Chile. Revista Chilena de Historia Natural 67: 487-502.
- Recabarren, O.P. 2007. Análisis de restos óseos de gonfoterios del área comprendida entre los 39° 39' y 42° 49' S, centro-sur de Chile. Universidad Austral de Chile, Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Biológicas (Inédito): 53 p.
- Rodríguez Brizuela, R. 2005. Presencia de *Equus (Amerhippus) neogeus* Lund en el yacimiento paleontológico de Pehuen Có (Pleistoceno tardío de la Provincia de Buenos Aires) y su significado bioestratigráfico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 60 (3): 613-615.
- Sánchez, B.; Prado, J. L.; Alberdi, M. T. 2003. Paleodiet, ecology, and extinction of Pleistocene gomphotheres (Proboscidea) from the Pampean Region (Argentina). Coloquios de Paleontología 1: 617-625.
- Tonni, E. P. 1987. *Stegomastodon platensis* (Mammalia, Proboscidea, Gomphotheriidae) y antigüedad de la Formación El Palmar en Departamento Colón, Provincia de Entre Ríos, República Argentina. Ameghiniana 24(3-4): 323-324.

**SOBRE LA PRESENCIA DE *SMILODON POPULATOR* LUND
(FELIDAE, MACHAIRODONTINAE) EN EL PLEISTOCENO TARDIO
DE LA PATAGONIA MERIDIONAL CHILENA**

Rafael Labarca E.¹; Alfredo Prieto I.²; Víctor Sierpe G.³

¹Programa de doctorado UNCPBA, Argentina, r.labarca.e@gmail.com.

^{2,3}Centro de Estudios del Hombre Austral, alfredo.prieto@umag.cl, victor_sierpe@yahoo.com

Introducción

Dentro de la subfamilia Machairodontinae se reconocen tres tribus: Metailurini, Homotheriini y Smilodontini (Turner y Antón, 1997; Werdelin y Lewis, 2005; Salesa *et al.*, 2005). En la última se ubica el género *Smilodon*, uno de los últimos y más conspicuos representantes de los 'tigres dientes de sable'. Se trata de un grupo exclusivamente americano, cuyos primeros registros provienen del noreste del continente, con antigüedades cercanas a los 2,5 Ma (Berta, 1985; 1987; Turner y Antón, 1997). A partir de atributos métricos y morfológicos se distinguen tres especies: *Smilodon gracilis* Cope, *S. fatalis* Leidy y *S. populator* Lund (Kurten y Wederlin, 1990).

En Sudamérica, los hallazgos más antiguos adscritos a 'tigres dientes de sable' provienen de sedimentos asignados al Ensenadense (Plio-Pleistoceno) argentino, con antigüedades cercanas a los 2,0 Ma y de la especie *S. populator*, taxón que probablemente evolucionó en aislamiento en el subcontinente a partir de una inmigración ancestral de *S. gracilis* (Berta, 1985; Soibelzon y Prevosti, 2007). Más tarde, durante el Pleistoceno final, habría ingresado a Sudamérica *S. fatalis*, taxón de origen neártico que mantuvo su unidad específica (Kurten y Wederlin, 1990). Ambas especies desaparecieron en el límite Pleistoceno-Holoceno (Lujanense-Platense).

La historia de los grandes felinos extintos en Patagonia austral es de larga data. Distintos investigadores detectaron tempranamente en el registro fósil de la célebre Cueva del Milodón (Chile) restos de morfología afín al actual jaguar (*Panthera onca* Linnaeus), los que recibieron diferentes denominaciones, hasta que Cabrera (1934), asertivamente los asignó a una subespecie extinta de yaguararé, denominándola *Panthera onca mesembrina*. Posteriores hallazgos de félidos fueron incluidos dentro de esta misma subespecie, hasta que Canto (1991) describió por primera vez restos fósiles de morfología compatible con el género *Smilodon*, provenientes del yacimiento Lago Sofía 4. Recientemente, Barnett *et al.* (2005) y Soibelzon y Prevosti (2007) han mencionado la presencia de *S. populator* en el área, teniendo como base las asignaciones de Canto (1991), sumadas a antiguos materiales exhumados de la Cueva del Milodón, depositados en museos europeos. Pese a lo anterior, los autores mencionados no explicitan los criterios que sustentan esta afirmación. El presente trabajo tiene por objeto discutir la asignación específica de los restos de *Smilodon* surpatagónicos, teniendo como base el material recuperado de los yacimientos de Lago Sofía 4 y Cueva del Medio, todos ubicados en el área de Última Esperanza, Región de Magallanes, Chile.

Los sitios

La cueva Lago Sofía 4 (Fig. 1; Borrero *et al.*, 1991) se ubica a los pies del cerro Campana, al noreste del Lago Sofía, en una antigua terraza generada por el lago periglacial Última Esperanza, a unos 120 msnm. Presenta una morfología subtriangular, con un largo máximo de unos 16 metros. En su interior, la Cueva pierde rápidamente sus dimensiones iniciales, ya que un talud rocoso de fuerte pendiente oeste-este genera un estrecho pasillo de acceso, de no más de un metro de ancho, ubicado en el sector este de la Cueva.

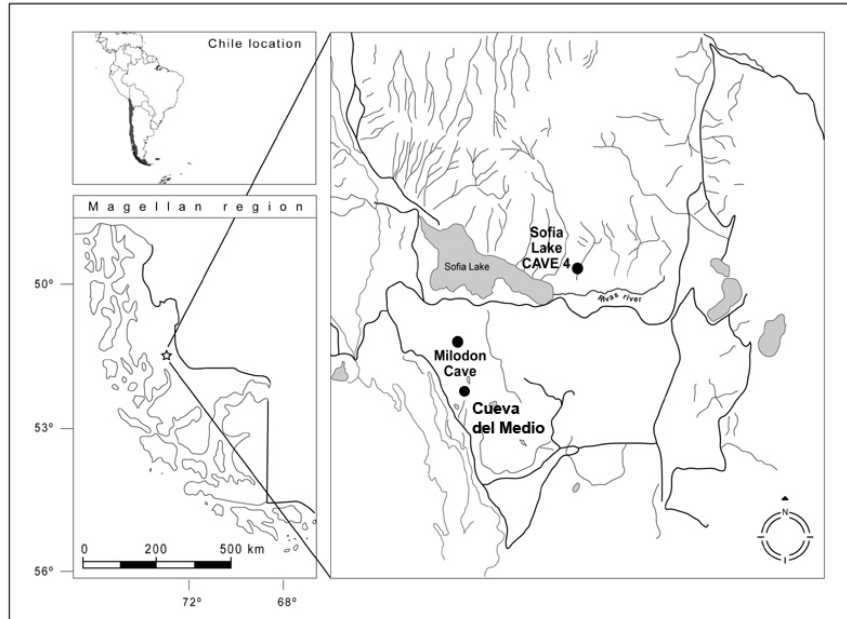


Fig. 1. Ubicación de los sitios Cueva Lago Sofia 4, Cueva del Milodón y Cueva del Medio, en el área de Ultima Esperanza, Región de Magallanes, Chile.

Tras este pasillo se ubica una cámara completamente oscura, de unos seis metros de largo por otros 2,5 de ancho y 1,5 de alto. La Cueva se habría formado por la disolución de las capas de lutita intercaladas en la Formación Cerro Toro (Wellman, 1972). Restos óseos de *Vicugna* sp. y *Myloodon darwini* han sido datados (^{14}C) en 13.400 ± 90 y AP (AA-11498) y 11.590 ± 100 AP (PITT-0940), lo que indica una edad finpleistocénica para este depósito.

La Cueva del Medio (Nami, 1987) se ubica a 1000 m al este de la Cueva del Milodón, en la ladera este del Cerro Benítez (Fig. 1). Al igual que Cueva Lago Sofia 4, se formó por la disolución de lutitas. La cueva mide 87 m de fondo, 41 m de ancho en su boca, 6 m de alto y está orientada en dirección suroeste. Extensivas excavaciones realizadas en el lugar documentaron una ocupación cultural temprana con fechados radiocarbónicos que oscilan entre 9.595 ± 112 AP y 10.550 ± 120 AP (Nami, 1987).

Sistemática paleontológica

Orden CARNIVORA Bowdich, 1821
 Suborden FELIFORMIA Kretzoi, 1945
 Familia FELIDAE Gray, 1821
 Subfamilia MACHAIRODONTINAE Gill, 1872
 Tribu SMILODONTINI Kurtén, 1963
 Género *SMILODON* Lund, 1842

Smilodon populator Lund, 1842

Fig. 2 a-c

Material. UMAG 86661(i-08), canino superior izquierdo, Cueva Lago Sofia 4 (Fig. 2a). UMAG 29/12bN408, tercer incisivo superior derecho, Cueva del Medio (Fig 2b). UMAG 45691(13), porción de premaxilar izquierdo, Cueva Lago Sofia 4 (Fig. 2c).

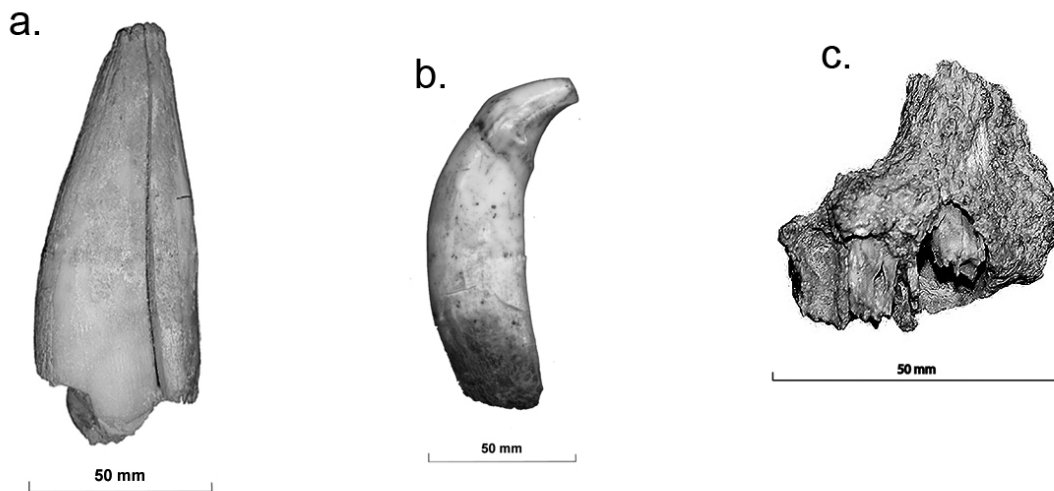


Fig. 2. Materiales asignados a *Smilodon populator* Lund. a- UMAG 86661(i-08), fragmento proximal de canino superior izquierdo, b. UMAG 29/12bN408, tercer incisivo superior derecho, c. UMAG-45691(13), fragmento de premaxilar izquierdo. UMAG = Universidad de Magallanes.

Descripción. La pieza UMAG 86661(i-08) corresponde a la porción proximal de un gran canino superior izquierdo. Pese a encontrarse fracturado posee dimensiones que sólo son compatibles con el género *Smilodon* (Tabla 1). Además, presenta una sección comprimida lateralmente y una leve curvatura distal, todos atributos del género (Merriam y Stock 1932, Berta 1985). La pieza UMAG 29/12bN408 corresponde a un tercer incisivo superior derecho de grandes dimensiones (Tabla 1). Presenta un gran desarrollo de la cúspide principal, sección oval, levemente comprimido en su sección lateral y curvado distalmente. Sólo en su cara medial se observa la presencia de un surco que se extiende desde la punta de la corona hasta su base, ya que el esmalte en su lado lateral se encuentra fracturado. A ambos lados de su cara lingual se aprecian dos tubérculos posteriores levemente aplanados, separados entre sí por una escotadura en forma de 'U'. Se encuentra desgastado en su superficie oclusal, lo que indica que se trata de un individuo adulto. El gran desarrollo de este diente, la presencia de una prominente raíz y de tubérculos posteriores aplanados son características del género *Smilodon* (Merriam y Stock 1932).

Tabla 1. Medidas (mm) del canino superior izquierdo (UMAG 86661 (i-08) y del tercer incisivo superior derecho (UMAG 29/12bN408).

Dimensión / medida (mm)	UMAG 86661(i-08)	UMAG 29/12bN408
Ancho mesiodistal	43,6	15
Ancho bucolingual	25,1	11,8
Largo máximo	107,8	63

La pieza UMAG-45691(13) corresponde a un fragmento de premaxilar izquierdo fuertemente erosionado, en el que se han conservado parcialmente dos piezas dentales. De acuerdo a Canto (1991), conserva parcialmente el primer alvéolo izquierdo y el segundo incisivo, siendo este último de mayor tamaño. La porción preservada de ambos elementos dentales es sólo la raíz, y la sección es oval.

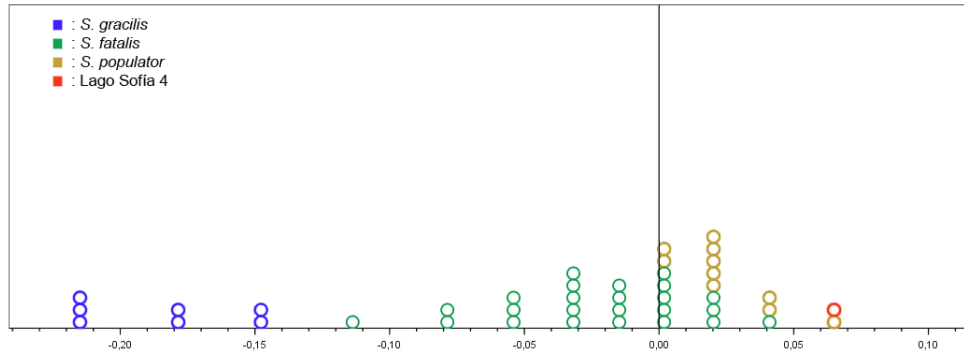


Fig. 3. Distancias logarítmicas del ancho máximo buco-lingual del canino superior izquierdo (UMAG 86661(i-08)) de *Smilodon populator* Lund.

Parte del piso del premaxilar se ha conservado, el cual se proyecta lateralmente, configurado un grueso pilar que formaría parte de la estructura del alvéolo del canino con la porción del maxilar. Además, se observa una fuerte proyección distal en parte del foramen palatino anterior izquierdo, en el cual se destaca claramente la proyección postero-lateral del premaxilar, constituyendo la cavidad alveolar. Canto (1991) mencionó que los atributos mencionados concuerdan con los observados para el género *Smilodon*.

Discusión

Berta (1985) y Kurten y Wederlin (1990) mencionaron que *S. populator* y particularmente el registrado en el Lujanense sudamericano corresponde a la forma de mayor tamaño dentro del género, de manera que a falta de unidades morfológicamente diagnósticas el tamaño puede ser válido para asignar específicamente los restos patagónicos. Las distancias logarítmicas del ancho máximo buco-lingual del canino superior izquierdo (UMAG-86661(i-08)) fueron contrastadas con datos de *S. populator* del Lujanense de Argentina y Brasil (Kurten y Wederlin 1990, datos personales tomados en el Museo de La Plata), *S. fatalis* del Lujanense del Perú y Rancho Labreaense de Norte America, y *S. gracilis* del Blaqueano e Irvingtonian de Florida (EEUU) (Fig. 3). La pieza mencionada, proveniente de Cueva Sofia 4, posee un tamaño compatible con *Smilodon populator* (Fig. 3). Si bien se ha argumentado que ciertos animales aumentan de tamaño en función de la latitud (e.g., regla de Bergman), esto aparentemente no se aplicaría al caso de estudio, ya que la pieza patagónica presenta dimensiones similares a caninos recuperados de depósitos ubicados varios grados hacia el norte (e.g., Brasil).

Conclusiones

Los restos patagónicos son asignados a *Smilodon populator* teniendo como referencia exclusivamente variables métricas. Los resultados obtenidos corroboran la presencia de macairodontinos en el extremo austral del continente y particularmente en territorio Chileno. Fuera del área patagónica, los registros más australes provienen del área bonaerense, en Argentina, por lo que la presencia de *S. populator* en Última Esperanza permite ampliar considerablemente su distribución tardiglacial hacia el sur. Durante el Pleistoceno final, *Smilodon populator* se encontraba en el tope de la cadena trófica, aunque posiblemente habría competido con *Arctotherium tarijense* y *Panthera onca mesembrina* por presas de tamaño medio.

La presencia de *Smilodon populator* en la fría estepa patagónica sureña indica una elevada capacidad adaptativa para este taxón, cuyos registros más septentrionales se encuentran al sur de Estados Unidos. En este sentido, su conducta pudo haber sido semejante a otros representantes de la familia Felidae, como *Puma concolor* Linnaeus.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Referencias

- Barnett, R.; Barnes, I.; Phillips, M.J.; Martin, L.D.; Harington, C.R.; Leonard, J.A.; Cooper, A.L. 2005. Evolution of the extinct sabretooth and the America cheetah-like cat. *Current Biology* 15: R589-R590.
- Berta, A. 1985. The status of *Smilodon* in North and South America. *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County* 370: 1-15.
- Berta, A. 1987. The saber cat *Smilodon gracilis* and discussion of its relationship (Mammalia, Felidae, Smilodontini). *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Science* 31(1): 1-63.
- Borrero, L.A.; Martin, F.M.; Prieto, A. 1997. La Cueva Lago Sofía 4, Última Esperanza: una madriguera de felino del Pleistoceno tardío. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Humanas* 25: 103-122.
- Cabrera A. 1934. Los yaguares vivientes y extinguidos de la América austral. *Notas Preliminares del Museo de la Plata* 2: 34-50.
- Canto, J. 1991. Posible presencia de una variedad de *Smilodon* en el Pleistoceno tardío de Magallanes. *In* Prieto, A., Cazadores tempranos y tardíos en la Cueva 1 del lago Sofía. *Anales del Instituto de la Patagonia, Series Ciencias Sociales* 20, Apéndice I: 96-99.
- Kurtén, B.; Werdelin, L. 1990. Relationships between North and South American *Smilodon*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 10(2): 158-169.
- Merriam J.C.; Stock, C. 1932. The Felidae of Rancho La Brea. *Carnegie Institution of Washington, Publication* (422): 232 p.
- Nami, H. 1987. Cueva del Medio. Perspectivas arqueológicas para la Patagonia Austral. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Sociales* 17: 73-106.
- Salesa, M.; Antón, M.; Turner, A.; Morales, J. 2005. Aspects of the functional morphology in the cranial and cervical skeleton of the sabre-toothed cat *Paramachairodus ogygia* (Kaup, 1832) (Felidae, Machairodontinae) from the Late Miocene of Spain: implications for the origins of the machairodont killing bite. *Zoological Journal of the Linnean Society* 144(3): 363-377.
- Soibelzon, L.H.; Prevosti, F. 2007. Los carnívoros (Carnivora, Mammalia) terrestres del Cuaternario de América del Sur (Terrestrial Carnivora of the Quaternary in South America). *In* Geomorfología Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló (G. X. Pons, and D. Vicens, D.; Editors). *Monografies de la Societat d'Historia Natural de les Balears* 14: 49-68.
- Turner, A.; Antón, M. 1997. *The Big Cats and Their Fossil Relatives*. Columbia University Press: 234 p. New York.
- Wellnan, R. 1972. Origen de la Cueva del Milodón en Última Esperanza. *Anales del Instituto de la Patagonia* 3: 97-101.
- Werdelin, L.; Lewis, M. E. 2005. Plio-Pleistocene Carnivora of eastern Africa: species richness and turnover patterns. *Zoological Journal of the Linnean Society* 144(2): 121-144.

MAMÍFEROS CENOZOICOS Y CAMBIOS AMBIENTALES

René Bobe

Department of Anthropology, University of Georgia, USA

La relación entre los cambios climáticos y la evolución de los mamíferos terrestres es un tema central en los estudios paleobiológicos (Vrba *et al.*, 1995). Uno de los problemas principales para abordarlo radica en que el registro paleoclimático proviene esencialmente de los fondos oceánicos, mientras que el registro de mamíferos fósiles procede de cuencas sedimentarias caracterizadas por su discontinuidad estratigráfica y su variabilidad sedimentológica. Por lo tanto, es fundamental que los métodos de recolección de mamíferos fósiles permitan obtener el máximo de información paleoecológica posible. En terreno, esto significa diseñar métodos de recolección sistemática en paralelo a estudios de sedimentología y estratigrafía. En el laboratorio, se pueden llevar a cabo estudios ecomorfológicos (e.g., hipsodoncia en la dentadura, o de características cursoriales en las extremidades). Aquí también cabe destacar la importancia de compartir datos entre proyectos de investigación con metas y métodos comparables. En el este de África, por ejemplo, el autor trabaja desde 1994 en varios proyectos relacionados con la evolución humana, y en colaboración con varios proyectos internacionales ha contribuido a una red de bases de datos paleontológicas que actualmente incluyen más de 80 mil vertebrados fósiles, los que abarcan desde el Mioceno Superior al Pleistoceno Medio (Bobe *et al.*, 2007). Esta red de bases de datos ha sido usada con éxito para obtener patrones de cambios faunísticos, con controles tafonómicos, en relación a cambios climáticos en escalas regionales y continentales (Fig. 1).

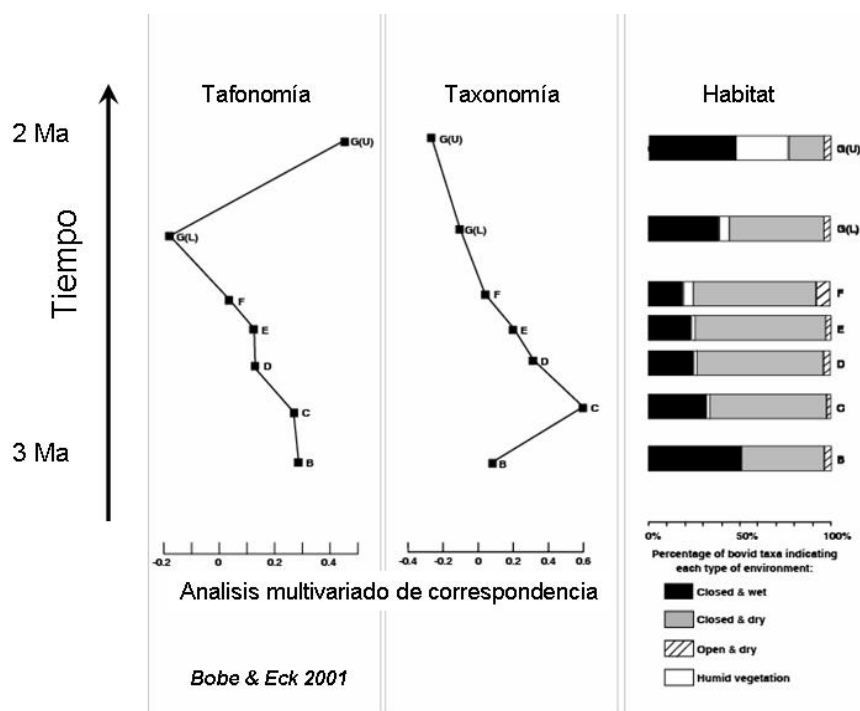


Fig. 1. Correlación entre cambios taxonómicos, tafonómicos y ambientales en el valle del río Omo, sur de Etiopía. Basado en Bobe y Eck (2001).

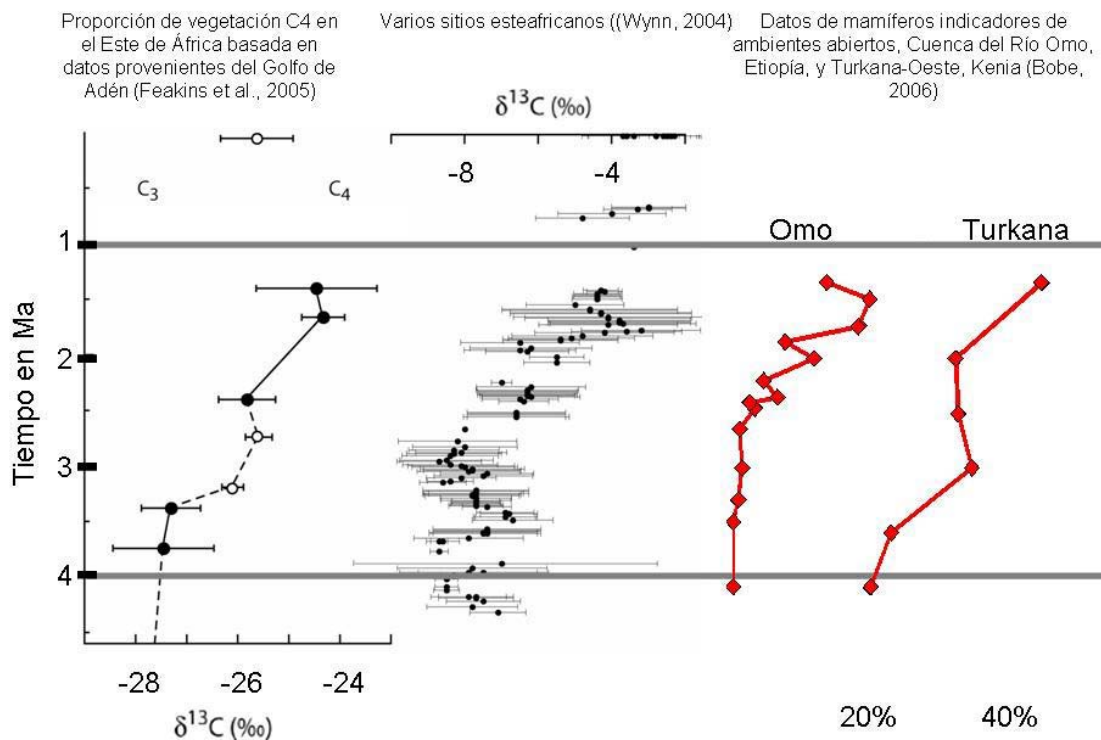


Fig. 2: La curva a la izquierda muestra la proporción de vegetación C4 en el este de África basada en datos provenientes del Golfo de Adén (Feakins *et al.*, 2005). Al centro, datos de varios sitios esteafricanos (Wynn, 2004). A la derecha, proporción de mamíferos indicadores de ambientes abiertos en la cuenca del río Omo, Etiopía, y Turkana-Oeste, Kenia (Bobe, 2006; Bobe y Behrensmeyer, 2004).

En este contexto, se hizo un análisis de mamíferos esteafricanos con adaptaciones a pastizales: hipsodoncia y miembros cursoriales. Los resultados muestran un aumento en la abundancia de mamíferos con adaptaciones a pastizales durante la transición del Plioceno al Pleistoceno (Bobe *et al.*, 2004). De hecho, los patrones de cambio faunísticos en el este de África aparecen estrechamente correlacionados con las curvas de cambios climáticos y ambientales derivados de datos marinos (Fig. 2; Bobe y Leakey, 2008).

Los datos esteafricanos indican que la causa detrás de los cambios faunísticos podrían ser cambios climáticos globales. Para evaluar esta hipótesis, se hizo una comparación entre los patrones derivados de la fauna africana con datos del Cono Sur de Sudamérica (Bobe *et al.*, 2004). Datos equivalentes en edad a los de África provienen de la Región Pampeana de Argentina. En este estudio se usaron mediciones de hipsodoncia y de adaptaciones cursoriales para establecer la proporción de mamíferos con adaptación a ambientes abiertos durante el Plioceno y el Pleistoceno Inferior (Fig. 3). Es interesante que en ambas regiones se aprecia un aumento en la proporción de especies con adaptaciones a ambientes abiertos (pastizales), y aunque los patrones de cambio no son idénticos su similitud refuerza la hipótesis de que existe una causa en común: los cambios climáticos globales.

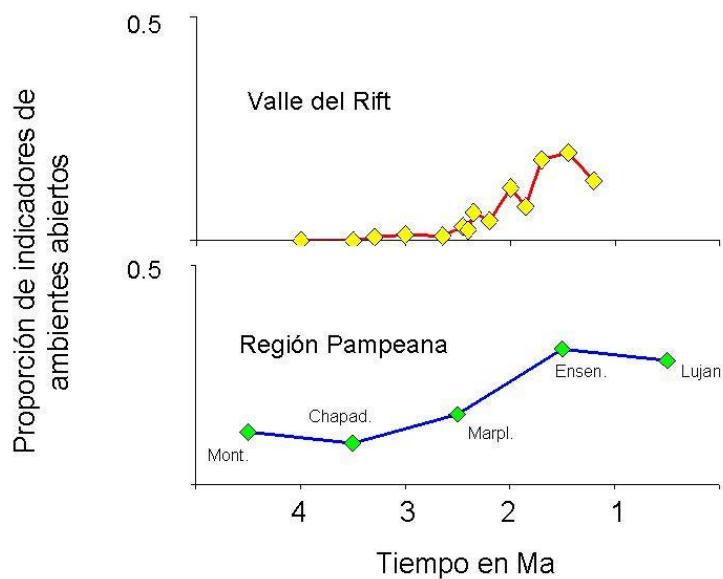


Fig. 3. Comparación entre la proporción de mamíferos con adaptaciones a ambientes abiertos en el Valle del Rift africano (Omo) y la Región Pampeana (Provincia de Buenos Aires).

Estos resultados muestran el gran potencial de la fauna de mamíferos terrestres para establecer comparaciones paleoambientales entre distintas regiones y en relación con el registro paleoclimático. Estas hipótesis que vinculan paleoclima y evolución también pueden ser evaluadas considerando el registro fósil de Chile (e.g., Flynn y Wyss, 1998). Se espera poder desarrollar pronto un programa de investigación de las formaciones cenozoicas en Chile, con el fin de ampliar el registro fósil de vertebrados existente y enfocarlo hacia una aplicación paleoecológica.

Agradecimientos

El autor agradece a los organizadores del Primer Simposio - Paleontología en Chile por la invitación a participar en el evento.

Referencias

- Bobe, R. 2006. The evolution of arid environments in eastern Africa. *Journal of Arid Environments* 66 (3): 564-584.
- Bobe, R.; Alemseged, Z.; Behrensmeyer, A.K. 2007. *Hominin Environments in the East African Pliocene: An Assessment of the Faunal Evidence*. Springer: 354 p. Dordrecht.
- Bobe, R.; Behrensmeyer, A.K. 2004. The expansion of grassland ecosystems in Africa in relation to mammalian evolution and the origin of the genus *Homo*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 207: 399-420.
- Bobe, R.; Behrensmeyer, A.K.; Carrasco, G. 2004. Paleoclima y evolución faunística en el Plio-Pleistoceno de África y América del Sur. *Ameghiniana* 41(4): 641-649.
- Bobe, R.; Eck, G.G. 2001. Responses of African bovinds to Pliocene climatic change. *Paleobiology Memoirs, Paleobiology* 27(Supplement to number 2): 1-47.
- Bobe, R.; Leakey, M.G. 2008. Ecology of Plio-Pleistocene mammals in the Turkana Basin and the emergence of *Homo*. *In The first humans: origins of the genus Homo*. (Grine, F.E., Leakey, R.E., Fleagle, J.G.; Editors), Springer. Dordrecht.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Feakins, S.J.; deMenocal, P.B.; Eglinton, T.I. 2005. Biomarker records of late Neogene changes in northeast African vegetation. *Geology* 33 (12): 977-980.
- Flynn, J.J.; Wyss, A.R. 1998. Recent advances in South American mammalian paleontology. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 449-454.
- Vrba, E.S.; Denton, G.H.; Partridge, T.C.; Burckle, L.H. 1995. *Paleoclimate and Evolution, with Emphasis on Human Origins*. Yale University Press. New Haven.
- Wynn, J.G. 2004. Influence of Plio-Pleistocene aridification on human evolution: evidence from paleosols of the Turkana Basin, Kenya. *American Journal of Physical Anthropology* 123 (2): 106-118.

PALEOBOTÁNICA, MICROPALAEONTOLOGÍA, PALEOECOLOGÍA

ESTUDIOS SOBRE EL TRIÁSICO PLANTÍFERO CHILENO

Alejandro Troncoso A.¹; Rafael Herbst²

¹Instituto de Biología Vegetal y Biotecnología, Universidad de Talca, Casilla 747, Talca, Chile.

²Instituto Superior de Geología (CONICET), Las Piedras 201 7°/B - T 4000BRE,
S.M. de Tucumán, Argentina

Se presenta un resumen de las actividades y trabajos paleobotánicos sobre impresiones de hojas y maderas petrificadas, realizados en sedimentos de las secuencias del Triásico de Chile por los dos autores de esta presentación e investigadores asociados, así como los principales resultados de ello.

Este trabajo conjunto, llevado a cabo en forma sostenida durante los últimos 15 años, ha significado la descripción y/o actualización de los conocimientos acerca de más de una docena de taofloras triásicas distribuidas a lo largo de Chile (con la excepción de la Región del Biobío), la proposición de diversos géneros y especies nuevas, y una visión más fundamentada de las condiciones en que éstas se desarrollaban.

COMPARACIÓN ENTRE ALGUNAS XILOTAFOFLORAS DEL TRIÁSICO SUPERIOR DE ARGENTINA Y CHILE

Alicia Lutz¹; Alexandra Crisafulli²

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, UNNE y Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL CONICET). ²Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, UNNE

El propósito de esta contribución es realizar un estudio comparativo de algunas xilotafofloras del Triásico Superior de Argentina y Chile, analizando su composición y correlaciones entre sí y con otras xilotafofloras gondwánicas coetáneas. Además, se revisan aspectos evolutivos referidos a la anatomía de los leños, determinándose caracteres primitivos de lignofloras pérmicas como la presencia de médulas con canales secretores y punteaduras en grupos, caracteres propios de edad triásica vistos en el tipo y distribución de punteaduras en las paredes traqueidales, ya que se observan punteaduras mixtas y abietinoides, pero aún con el arreglo apretado paleozoico, caracteres peculiares, vistos en las médulas petaloideas y rasgos evolucionados en las punteaduras de los campos de cruzamiento podocarpoides y los engrosamientos helicoidales en maderas afines a las Taxales. En los casos posibles, se han analizado los anillos de crecimiento, pudiéndose establecer estacionalidad climática y condiciones de temperaturas templadas.

Para Argentina se analizaron las xilotafofloras de la Formación El Carrizal en San Juan, habiendo Lutz (2006) compilado la presencia de maderas de Osmundaceae, Crystospermaceae, Ginkgoales, Coniferales (Protopinaceae) y Cycadopsida. Para la Formación Cepeda, en la misma provincia, Herbst (1995) consignó la presencia de Osmundaceae y Archangelsky y Brett (1961) de Pteridospermae. En la Formación Cortaderita del Grupo Barreal, Lutz y Crisafulli determinaron maderas del orden Coniferales y Bodnar (2006) reubicó sistemáticamente la primera madera de esta formación estudiada por Menéndez (1956) como *Rhexoxylon*. Para el Grupo El Tranquilo, Herbst y Lutz (1995) determinaron Pteridospermae y Osmundales y Crisafulli y Herbst (en prensa) consignan una lignoflora compuesta de Coniferales y maderas afines a Ginkgoales. Información adicional se encuentra en Lutz y Herbst (1991) y Lutz y Crisafulli (2004). Finalmente, para el Triásico del norte de Chile, Lutz, Crisafulli y Herbst (1999, 2001, 2003) determinaron para las formaciones Las Breas, La Ternera y La Coipa maderas de Cycadales, Coniferales y Taxales, respectivamente (Tabla 1).

Se registran en diferentes formaciones géneros cosmopolitas tales como *Protophylocladoxylon*, *Agathoxylon=Araucarioxylon* y *Prototaxoxylon*. Hay varios taxones gondwánicos de biocrón Pérmico-Jurásico; otros pérmicos, por ejemplo: *Lobatoxylon*, y elementos exclusivos como *Vladiloxylon*, una Cycadal de la Formación La Ternera. Todo este elenco xilotafoflorístico nos habla de la diversidad establecida en este intervalo estratigráfico para esta región del oeste gondwánico a la vez que nos muestra el cambio registrado en las características anatómicas luego del límite Permo-Triásico.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Tabla 1. Leños triásicos de Argentina y Chile.

TAXONES	Familias	FORMACIONES	EDAD	LOCALIDAD
<i>Millerocalis lutzii</i> Herbst	Osmundaceae	Carrizal	Meso-Neot.	Mina Rickard, Marayes, San Juan, ARG.
<i>Millerocalis stipabonetti</i> Herbst	Osmundaceae	Cepeda	Triásico sup.	Barreal, San Juan, ARG.
<i>Rhexoxylon krauselii</i> Lutz y Herbst	Coystospermaceae	Laguna Colorada	Meso-Sup.	Quebrada Cortaderita, San Juan, ARG.
<i>Rhexoxylon piatrizky</i> Arch. y Bret.	Coystospermaceae	Ischigualasto y Cortaderita	Neotrias.	Ischigualasto, San Juan, ARG.
<i>Rhexoxylon brunoii</i> Artabe <u>et al.</u>	Coystospermaceae	Los Colorados	Triásico Sup.	Villavicencio-Uspallata, Mendoza, ARG.
<i>Rhexoxylon</i> sp	Coystospermaceae	Ischichuca	Mesotris-Sup.	Quebrada Ischichuca, La Rioja, ARG.
<i>Cuneumxylon spalletzii</i> Artabe y Brea	Coystospermaceae	Potrillos (= Fm. Potrerillos) Fm. Carrizal	Triásico Medio-Sup.	Agua de la Zorra, Mendoza, Marayes, San Juan. ARG.
<i>Tranquiloxylon petriellae</i> Herbst y Lutz	Coystospermaceae	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Tranquiloxylon</i> sp	Coystospermaceae	Cortaderita	Triás. Medio-tardío	Oda, La Cortaderita, Mina Don Francisco, San Juan, ARG.
<i>Ginkgophyoxylon lucasii</i> Tidwell y Munzling	Ginkgoales	Fm. Carrizal	Triásico Medio-Sup.	Marayes, San Juan. ARG.
<i>Araucarioxylon protoarucana</i> Brea	Coniferales? Araucariaceae	Paramillo	Triásico Medio- Sup.	Agua de la Zorra, Uspallata, Mendoza, ARG.
<i>Araucarioxylon semibiseriatum</i> Pant & Singh	Araucariaceae	La Ternera	Trias. Sup.	Quebrada del Carbón, CHILE
<i>Araucarioxylon</i> sp	Araucariaceae	Cacheuta	Triás. Medio-Sup.	Mendoza, ARG.
<i>Araucarioxylon</i> sp.	Leños coniferoides	Ischichuca	Triás. Medio-Sup.	Quebrada Ischichuca, La Rioja, ARG.
<i>Lobatoxylon kamfhiensis</i> (Prasad) Lutz, Crisafulli y Herbst	Coniferales	La Ternera	Triásico Sup.	Quebrada del Carbón, CHILE
<i>Agathoxylon malaimbandense</i> (Marguerier) Gnaedinger y Herbst	Coniferales	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Agathoxylon dallonii</i> (Maithy) Crisafulli y Herbst	Coniferales	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Protophyllocladoxylon Kräusel</i>	Coniferales	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Podocarpoxylon indicum</i> Bhardwaj	Coniferales	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Gyngkophyoxylon nov.sp.</i> Crisafulli y Herbst (en prensa)	Ginkgoales	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Podocarpoxylon parlatifolium</i> Vozenin-Serra y Grant Mackie	Coniferales	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Agathoxylon amraparense</i> Bhardwaj	Coniferales	Laguna Colorada	Neotriásico	El Tranquilo, Santa Cruz, ARG.
<i>Vadiloxylon troncosoi</i> Lutz <u>et al</u>	Cycadales	La Ternera	Triásico Superior	3ª Región, Chile
<i>Protohamaciparixylon klitschii</i> Giraud	Coniferales	Las Breas	Triásico Superior	3ª Región, Chile
<i>Prototaxoxylon intertrapeum</i> Prakash & Sivastava	Taxales	La Coipa	Triásico Superior	3ª Región, Chile
<i>Protophyllocladoxylon</i> Kräusel	Coniferales	La Ternera	Triásico Superior	3ª Región, Chile

PALEOFLORAS DEL CRETÁCICO AL PALEÓGENO DE PENÍNSULA ANTÁRTICA Y PATAGONIA: SIGNIFICADO PALEOGEOGRÁFICO Y PALEOCLIMÁTICOTeresa Torres G.¹¹Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, ttorres@uchile.cl

Las reconstituciones paleogeográficas y paleoclimáticas de la Tierra desde sus inicios han sido sustentadas por la Paleontología. Sin embargo, para que estos datos tengan valor deben estar bien situados temporal y espacialmente. Las tendencias actuales son aunar los esfuerzos de diferentes disciplinas y técnicas (isótopos cosmogénicos, paleomagnetismo, dataciones radiométricas por circones, eventos tectónicos, entre otros), que proporcionen información complementaria a los datos paleobiológicos, con el fin de aproximarse por varias vías hacia la comprensión de la historia de la vida en la Tierra.

En este marco, el Anillo de Ciencia Antártica (Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología, Conicyt) procura precisar el conocimiento acerca de las conexiones entre Patagonia occidental y Península Antártica desde el Paleozoico al Reciente y con un enfoque multidisciplinario, donde la Geología, Paleobotánica y Paleozoología tienen un rol protagonista. Estos abarcan los datos paleobotánicos obtenidos por la autora y colaboradores durante años de exploraciones en la Antártica, los nuevos registros de fauna y flora en algunas localidades de Patagonia, así como información reciente de paleomagnetismo, dataciones por circones y de la geología de la Antártica. En este trabajo se aborda el significado de las paleofloras halladas en las islas Shetland del Sur, Península Antártica y Patagonia occidental, desde el Cretácico al Paleógeno.

Tanto en Antártica como en Patagonia los registros de cambios florísticos se confirman por la presencia de polen y esporas, impresiones foliares y maderas fósiles. Los análisis palinológicos revelan las asociaciones florísticas y paleoclimas en función de las especies dominantes (diagramas polínicos). Las impresiones de hojas, por sus asociaciones y caracteres morfológicos, agregan información adicional sobre los paleoclimas. El análisis de los anillos de crecimiento en las maderas es utilizado como parámetro paleoclimático en las interpretaciones de humedad y temperatura. La complementación de estas tres líneas de la paleobotánica ha proporcionado importantes datos y una visión significativa sobre la vegetación y climas de la Antártica, sin perder de vista que representan sólo un 5% de la superficie libre de hielo y que nuevos hallazgos pueden modificar la visión presentada por Torres (2003).

Las floras fósiles de Península Antártica e islas adyacentes constituyen un importante documento sobre la evolución de la vegetación del hemisferio sur. El Cretácico resulta ser un período clave en la historia de la vegetación terrestre, debido a la aparición y radiación de las angiospermas. La transición entre una vegetación dominada por las gimnospermas y las pteridofitas, durante el Jurásico/Cretácico Inferior, a una vegetación dominada por las angiospermas, a partir del Campaniano al Paleógeno, está bien documentada en Antártica por las paleofloras de Bahía Esperanza, Botany Bay e islas Alejandro I, Snow, Livingston, James Ross, Vega, Seymour, Greenwich y Rey Jorge.

En Patagonia hay también registros de plantas comparables a las de Antártica en varias localidades, tanto argentinas como chilenas, y constituyen biotas de interés para conocer la biodiversidad, la distribución y los paleoclimas en que se desarrolló la vegetación en estas regiones.

En concordancia con los registros fósiles conocidos hasta hoy, el advenimiento de las angiospermas en Antártica se puede dividir en 3 fases:

1- Comienzos del Cretácico Superior. A partir del Cenomaniano–Santoniano aparecen los registros de las primeras angiospermas en la isla Livingston, Punta Williams (90 Ma, edad U/Pb máxima en circones; información inédita). El estudio de la macroflora registra la presencia de maderas de gimnospermas, coníferas y angiospermas: *Sahnioxylon*

antarticum, *Araucarioxylon arayai*, *Araucarioxylon floresii*, *Araucarioxylon champmanae*, *Podocarpoxyylon verticalis*, *Podocarpoxyylon champmanae*, *Podocarpoxyylon* sp., cuatro especies indeterminadas de *Dicotyloxyylon*, *Antarctoxyylon uniperforatum*, *A. heteroporosum*, *A. multiseriatum*, *A. livingstonensis*, *Hedycaryoxyylon tambourissoides* y *Weinmannioxyylon ackamoides* (Lemoigne y Torres, 1988; Rees y Smellie, 1989; Torres y Lemoigne, 1989; Philippe *et al.*, 1993; Poole y Cantrill, 2001). En las maderas de angiospermas de Punta Williams se observa la falta de anillos de crecimiento anual y anillos anuales (poco visibles en este grupo), indicando con ello climas con temperatura y humedad uniforme. Nuevos hallazgos de 50 impresiones foliares bien preservadas en Punta Williams agregan registros de angiospermas de las familias Bignoniáceas, Lauráceas, Monimiáceas, Cunoniáceas y Sapindáceas, sin registros de *Nothofagus* (Torres *et al.*, 2006). La microflora agrega a este conjunto esporas de pteridófitas, y granos de polen de coníferas y angiospermas (Proteáceas, algunos psilatricolpites y monocotiledóneas) (Chapman y Smellie, 1992; Palma-Heldt *et al.*, 2007). Un paleoclima temperado a cálido húmedo fue inferido a partir de la micro y macroflora.

2- Fines del Cretácico Superior. En el Campaniano-Maastrichtiano se registran maderas de coníferas y angiospermas Atherospermáceas, Cunnoniáceas y Nothofagáceas en las islas James Ross y Vega (Torres *et al.*, 1994; Poole y Francis, 1999). Askin (1992) mencionó polen de angiospermas de las familias Aquifoliáceas, Chlorantáceas, Cunoniáceas, Gunneráceas, Lauráceas, Lorantháceas, Liliáceas, Nothofagáceas, Mirtáceas y Proteáceas. La frecuencia de polen de angiospermas en los diagramas polínicos indica que durante el Cretácico Superior las angiospermas continúan subordinadas numéricamente a las gimnospermas y pteridofitas. La situación es diferente durante el Paleógeno, cuando alcanzaron un lugar importante en Antártica y Patagonia.

3- Comienzos del Paleógeno. En el Paleoceno-Eoceno las angiospermas ocupaban importantes nichos ecológicos en las islas Rey Jorge, Seymour, James Ross, Greenwich y Dee. Durante este período se observa un notable cambio en los registros de leños fósiles, la presencia de angiospermas con anillos anuales uniformes y anchos, junto con la invariable presencia de *Nothofagus*. En el Eoceno, este último género aparece en mezcla con algunos elementos que hoy crecen en zonas subtropicales. Se encuentran los tres tipos polínicos (*brassi*, *fusca*, *menziesii*), y maderas de *Nothofagoxyylon* Gothan (1908) con tres morfoespecies (*N. paleoglauca*, *N. triseriatum*, *N. paleoalessandri*). Estos últimos corresponden a elementos arbóreos de hojas grandes, afines a especies caducifolias que hoy crecen en zonas con clima temperado a cálido. Posteriormente, cuando el clima comenzó a enfriarse, se encuentran maderas de *Nothofagoxyylon scalariformis* y *N. antarcticum*, similares a las especies que crecen en zonas más frías. Es lógico inferir la existencia de una provincia florística que incluía la parte austral de Sudamérica y la Península Antártica. Un ejemplo es la flora de la isla Seymour (Gothan, 1908), y la flora de la península Fildes (isla Rey Jorge). Las impresiones de hojas recolectadas en Cerro Fósil, en la península Fildes, pertenecen a 37 formas de Angiospermas de las familias Acantháceas, Anacardiáceas, Caesalpináceas, Dillenáceas, Nothofagáceas, Icacináceas, Lauráceas, Myricáceas, Mirtáceas, Monimiáceas, Passifloráceas, Proteáceas, Rhamnáceas, Sapindáceas, Smilacáceas y Sterculiáceas; Cycadales del género *Dion*, coníferas de las familias Araucariáceas, Cupressáceas y Podocarpaceas; pteridofitas representadas por Lycopodiáceas y helechos de las familias Cyatheáceas, Diksoniáceas, Gleicheniáceas, Lophosoriáceas, Polypodiáceas y Schizáceas. Similares conjuntos se registran en algunas floras de Patagonia, evidenciando tierras unidas o cercanas (Orlando, 1965; Troncoso, 1986; Birkenmajer y Zastawniak, 1989; Czajkowski y Rossler, 1987; Torres, 1990; Torres, 2003; Li y Shen 1990; Li, 1994; entre otros).

En el límite Eoceno-Oligoceno (Paleógeno), numerosas maderas testimonian una disminución en la temperatura de los bosques existentes en las regiones adyacentes a la Península Antártica. Evidencias son la flora de la Formación la Meseta (en Isla Seymour),

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

la flora de Collins (isla Rey Jorge), y la flora de la Formación Loreto (Río Las Minas, Punta Arenas) (Terada *et al.*, 2006a, 2006b; Torres *et al.*, 2008). Las maderas fósiles determinadas corresponden a los mismos grupos vegetales y en algunos casos a las mismas especies. Las maderas fósiles de Araucariáceas, Podocarpaceas, Cupressáceas y Nothofagáceas presentan anillos de crecimiento anuales notorios y angostos, denotando árboles de crecimiento lento con inviernos largos y fríos (Torres *et al.*, 1994; Francis, 1986).

Sobre la base de los antecedentes presentados y las comparaciones de las floras de Antártica con los recientes registros en Patagonia, se infieren relaciones paleoclimáticas y paleogeográficas hasta el Eoceno, lo que es consistente con las reconstrucciones de Anderson *et al.* (1999) y los paleoclimas inferidos por Dingle y Lavelle (2000).

Agradecimientos

Proyecto Anillo de Ciencia Antártica (ARTG-04), Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología de Conicyt e Instituto Antártico Chileno.

Referencias

- Anderson, J.; Anderson, H.; Archangelsky, S.; Banford, M.; Chandra, S.; Dettmann, M.; Hill, R.; McLoughlin, S.; Rossler, O. 1999. Patterns of Gondwana plant colonisation and diversification. *Journal of African Earth sciences* 28 (1): 145-167.
- Askin, R. 1992. Late Cretaceous-Early Tertiary antarctic outcrop evidences for past vegetation and climates. *In* The Antarctic paleoenvironment: a perspective on global change. Antarctic Research Series 56: 61-73.
- Birkenmajer, K; Zastawniak, E. 1989. Late cretaceous-Early Tertiary floras of King Georges Island, wets: their stratigraphic distribution and paleoclimatic significance. *In* Origins and Evolution of the Antarctic biota (Crame, J.A.; Editor). Geological Society of London Special Publication 47: 227-240.
- Cantrill, D.J.; Falcong-Lang, H. J. 2001. Cretaceous (Late Albian coniferales of Alexander Island Antarctica. Leaves, reproductives structures and roots. *Review of Paleobotany and Palynology* 115: 119-145.
- Chapman, J.; Smellie, J. L. 1992. Cretaceous fossil wood and palynomorphs from Williams Point, Livingston Island, Antarctic Peninsula. *Review Palaeobotany and Palynology* 74: 163-192.
- Czajkowski y Rossler, 1987. Plantas fósseis da Península fildes, Ihla Rey Jorge (Shetland do Sud): morfografía das impressões foliares. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias, Suplemento* 58: 99-110.
- Dingle R. V.; Lavelle, M. 2000. Antarctic Peninsula, Late Cretaceous Early Cenozoic palaeoenvironments and Gondwana palaeogeographies. *Journal of African Earth Science* 31(1): 91-105.
- Gothan, W. 1908. Die fossilen Hölzer von der Seymour- und Snow Hill- Insel. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903*, 3: 1-33.
- Francis, J. E. 1986 Growth rings in Cretaceous and Tertiary wood from Antarctica and their palaeoclimatic implications. *Palaeontology* 29: 665-684.
- Lemoigne, Y.; Torres, T. 1988. Paleoxylologie de l' Antarctide: *Sahnioxylon antarcticum* n. sp. et interpretation de la double zonation des cernes des bois secondaires du genre de structure (parataxon) *Sahnioxylon*, Bose and Sah, 1954. *Comptes Rendu, Academie Science Paris* 306 (2): 939-945.
- Li, H.; Shen, Y. 1990. A primary study of fossil Hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. *Acta Palaentologica Sinica* 29: 147-153.
- Li, H. 1994. Early Tertiary fossil flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. *In* Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula, King Georges Island, Antarctica (Shen Yanbin, Editor). Science Press Beijing, State Antarctica Comités, Monograph 3:133-171.
- Orlando, H. 1963. La flora fósil en las inmediaciones de la Península Ardley, isla 25 de Mayo, islas Shetland del sur. *Contribuciones del Instituto Antártico Argentino* 79: 1-7.
- Palma-Heldt, S.; Fernandoy, F.; Henríquez, G.; Leppe, M. 2007. Palynoflora of Livingston Island, South Shetland Islands: Contribution to the understanding of the evolution of the southern Pacific Gondwana margin. *Online Proceedings of the 10th ISAES X* (A. K. Cooper and C. R. Raymond *et al.*; Editors), USGS. Open-File Report 2007-1047, Abstract: 3 p.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Philippe, M.; Barale, G.; Torres, T.; Covacevich, V. 1993. First study of in situ fossil woods from the Upper Cretaceous of Livingstone Island, South Shetland Islands, Antarctica: Paleoecological investigations. *Comptes Rendu, Academie Science Paris* 317 (2): 103-108.
- Poole, I.; Francis, J. 1999. The first record of fossil Atherospermaceous wood from the Upper Cretaceous of Antarctica. *Rev. Paleobotany and Palynology* 107: 97-107.
- Poole, I.; Cantril, L. D. 2001. Fossil woods from Williams Points bebs, Livingston island, Antarctica: a late Cretaceous Southern high latitude flora. *Paleontology* 44 (6): 1081-1112, 10 pls.
- Rees, P.M,C.; Smellie, J. L. 1989. Cretaceous angiosperms from an allegedly Triassic flora at Williams Point, Livingston Island, South Shetland Islands. *Antarctic Science* 1 (3): 239-248.
- Terada, K.; Asakawa, T.; Nishida, H. 2006a. Fossil woods from the Loreto Formation of Las Minas, Magallanes (XII) Region, Chile. *In Post-Cretaceous Floristic Changes in Southern Patagonia, Chile* (Nishida, H.; Editor), Chuo University, p. 91-101. Tokyo.
- Terada, K.; Nishida, H. Asakawa, T. 2006b. Fossil woods aseemblage from Cerro Dorotea, Última Esperanza, Magallanes (XII) Región Chile *In Post-Cretaceous Floristic Changes in Southern Patagonia, Chile* (Nishida, H.; Editor): 57-67. Chuo University, Tokyo.
- Torres, T. 1990. Etude paléobotanique du Tertiaire des îles Roi Georges et Seymour, Antarctique. Thèse Université Claude-Bernard Lyon I: 210 p.
- Torres, T. 2003. Antártica: un mundo oculto bajo el hielo. Instituto Antártico Chileno, Publicación Especial: 95 p.
- Torres, T.; Lemoigne, Y. 1988. Maderas fósiles terciarias de la Formación Caleta Arctowsky, isla Rey Jorge, Antártica. *Serie Científica INACH* 37: 69-107.
- Torres, T.; Lemoigne, Y. 1989. Hallazgos de maderas fósiles del Cretácico Superior en Punta Williams, Isla Livingston, islas Shetland del Sur, Antarctica. *Serie Científica INACH* 39: 9-26.
- Torres, T.; Méon, H. 1998. *Nothofagidites* (Couper) Erdtman ex Potonié dans le Paleogene de l'île Roi Georges, Antarctique. *Geobios* 31 (4): 419-435.
- Torres, T.; Marensi, S.; Santillana, S. 1994 Maderas fósiles de la isla Seymour, Antártica. *Serie Científica INACH* 44: 17-38.
- Torres T.; Galleguillos M.; Rubilar-Rogers D. 2006. Angiospermas Cretácicas de Punta Williams, isla Livingston, Shetland del Sur. Antártica: nuevos registros. *In Reunión Chilena de Investigación Antártica, No. 6, y Simposio Latinoamericano de Investigaciones Antárticas, No. 2, Actas: 337-341.*
- Torres, T.; Otero, R. A.; Palma-Heldt, S. 2008. Nuevos registros de taoflora y vertebrados marinos en la Formación Loreto, Río de las Minas, Punta Arenas, Chile. *In Reunión Chilena de Investigación Antártica, No. 7, y Simposio Latinoamericano de Investigaciones Antárticas, No. 3.*
- Troncoso, A. 1986. Nuevas órgano-especies en la taoflora terciaria inferior de Península fildes, isla Rey Jorge, Antártica. *Serie Científica INACH* 34: 23-46.
- Troncoso, A.; Suárez, M.; de la Cruz, R.; Palma-Heldt, S. 2001. Paleoflora de la Formación Ligorio Márquez (XI Región, Chile) en su localidad tipo: sistemática, edad e implicancias paleoclimáticas. *Revista Geológica de Chile* 29 (1): 113-135.

CRONOMICROPALAEONTOLOGÍA DE LA CUENCA DE ARAUCO–CONCEPCIÓN, CHILE CENTRAL: LA TAFOFLORA DE LOTA, EL EVENTO MEGATÉRMICO GLOBAL DEL LÍMITE EOCENO–PALEOCENO Y LAS EXTINCCIONES MASIVAS

Rubén Martínez-Pardo¹, Rodolfo Martínez-Guzmán
¹Área de Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago,
rumartinpar@hotmail.com

El presente trabajo es la continuación y ampliación de dos estudios de los autores (Martínez-P. y Martínez-G., 1997; Martínez-P. *et al.*, 1997). El primero sobre la Formación Curanilahue (restringida en dicha ocasión al Paleoceno Superior-Eoceno Medio basal), cuestionando de paso la 'opinión-estratigrafía' como herramienta habitual en el trabajo geológico y paleontológico nacional. El segundo, sobre el límite Paleoceno en dicha cuenca, calibrado en 57,8 Ma mediante foraminíferos planctónicos y nanoplancton calcáreo, según lo establecido en las localidades típicas correspondientes de Europa (Berggren *et al.*, 1985).

La versión renovada que ahora se ofrece busca, básicamente, precisar el valor predictivo de tales resultados y del modelo general que los fundamenta, resultado de más de 50 años de estudio en el área.

Según lo establece la curva SOT (Fig. 1), basada en estudios de oxígeno isotópico estable (Stott, 1992), entre el Paleoceno terminal y el Eoceno Medio inicial, ca. 57,8-50 Ma, se registra un notorio calentamiento del clima global. Dicho calentamiento tiene registros geoquímicos, sedimentarios y paleontológicos (en particular micropaleontológicos y paleobotánicos) que lo avalan a nivel global (Zachos *et al.*, 2008). Tales estudios confirman, además, que el calentamiento oceánico resultante fue mucho más marcado en las latitudes altas y en las aguas profundas. De hecho, frente a la costa de la región Arauco-Concepción, las temperaturas oceánicas de superficie habrían sido próximas a 23°C, con temperaturas de fondo cercanas a los 20°C. Las floras continentales de Norteamérica, Europa, China y de Sudamérica, incluido Chile (tafoflora de Concepción), proporcionan evidencia complementaria similar, sugiriendo un incremento en la temperatura media anual de la superficie terrestre del orden de 10°-20°C.

La evidencia ofrecida por la curva isotópica de oxígeno estable, señalada anteriormente, indica también que la variación térmica en referencia no fue constante. Un dramático y breve evento (< 170.000 años *loc. cit.*), coincide de hecho con el límite Paleoceno-Eoceno (Evento Térmico Máximo del límite Paleoceno-Eoceno, TMPE en español, TMPE, según el acrónimo correspondiente en inglés). Durante el Evento TMPE, los foraminíferos bentónicos habrían experimentado su mayor extinción en los últimos 100 Ma (ca. 35-50%; Stott *et al.*, 1990; Schmitz *et al.*, 1996), probablemente asociada con el desarrollo de aguas cálidas salinas de fondo, provenientes de regiones oceánicas subtropicales superficiales, a nivel global. Ello, obviamente, habría ocasionado un cambio significativo en la química de las aguas de fondo oceánico, de la sedimentación, e incluso de su circulación general. Dicha información está confirmada igualmente por las excursiones negativas del $\delta^{13}C$ disponibles (Schmitz *et al.*, 1996; Zachos *et al.*, 2008).

El segundo máximo térmico claramente desarrollado en la zona es el Óptimo Climático del Eoceno Inicial (OCEI = Early Eocene Climatic Optimum, EECO, en inglés), calibrado en 55 Ma en la figura 1 (Berggren *et al.*, 1985), desarrollado entre 51 y 53 Ma según la nueva información disponible (Zachos *et al.*, 2008), el cual si bien fue mucho más prolongado, no alcanzó los límites del primero. Hay antecedentes adicionales que confirman que dichos eventos fueron reforzados por significativas erupciones volcánicas en ciertos momentos del Paleoceno y Eoceno, entre 40 y 60 Ma.

La importancia paleoclimática del TMPE radica en que la temperatura global del planeta subió en dicho momento sobre 5°C en menos de 10.000 años (Zachos *et*

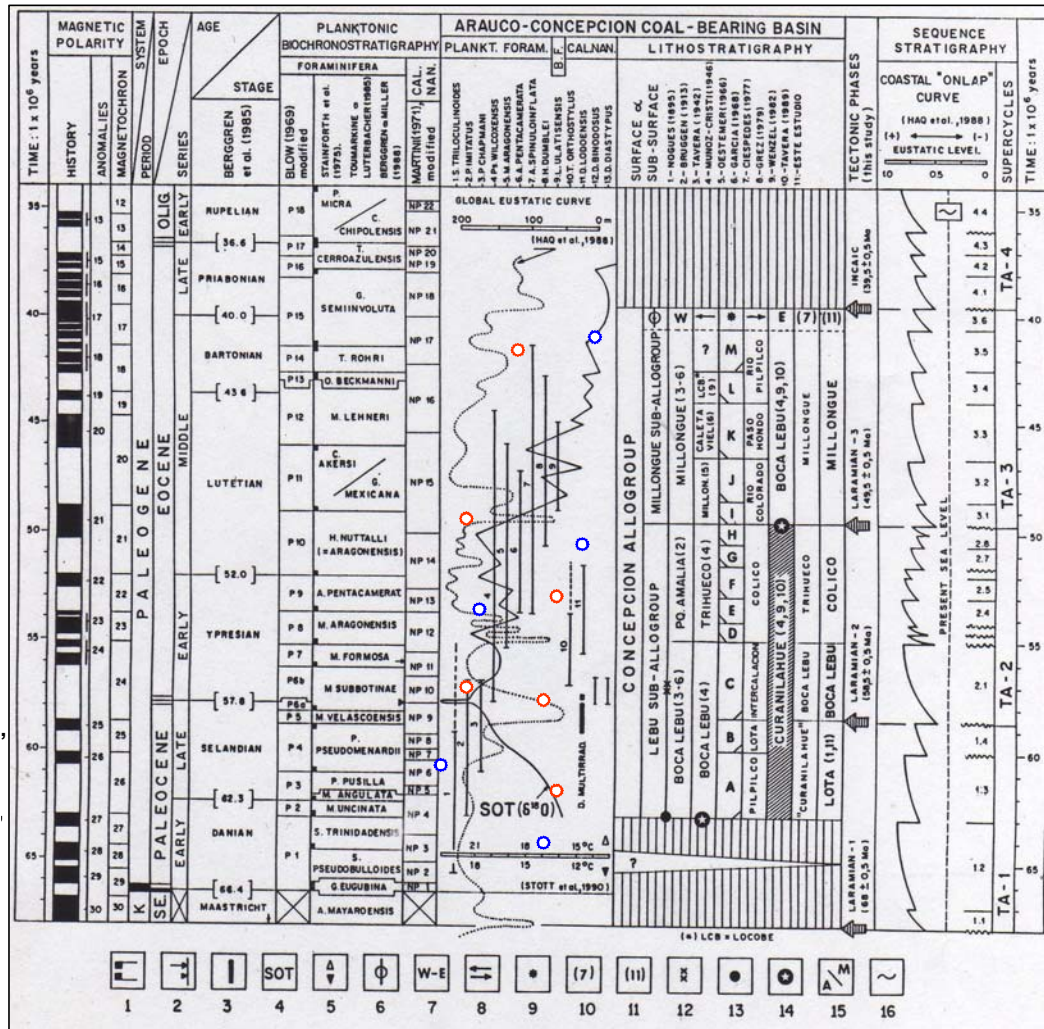


Fig. 1. Paleógeno Carbonífero en la Cuenca de Arauco-Concepción.

1.- DPA y DUA taxa; 2.- DUA *M. velascoensis* (>) y *M. subbotinae* (→). 3.- Especie no reconocida este estudio (I). 4.- Temperatura oceánica superficial (SOT) 5.- Temperatura superficial (Δ) y fondo (▼), postulada. 6.- Sub-alogrupos postulados Cuenca. 7.- Unidades Formacionales borde W y E Cuenca. 8.- Fms. Previas borde W y E Cuenca, excepto Fm. Pique Amalia. 9.- Desarrollo secuencial unidades deposicionales previas: A- M. 10.- Fms. Borde Oriental (Muñoz-Cristi, 1946). 11.- Fms. Borde Oriental, este estudio 12.- Techo Fm. Boca-Lebu Superficie, localidad tipo, Pta. Tucapel. 13.- Base Fm. Boca-Lebu, sondaje Boca-Lebu, Pta. Tucapel (GARCIA, 1968). 14.- Techo Fm. Curanilahue (?), pozo Boca-Lebu (MUÑOZ-

CRISTI, 1946). 15.- Unidades deposicionales: A, Mb Pilpilco; B, Mb Lota; C, Intercalación (MUÑOZ-CRISTI, 1946); Pique Amalia; D, Unidad carbonífera inferior (Mantos Alto, Chico); E, Unidad Marina Separatriz; F, Unidad Carbonífera Intermedia (Mantos Chiflón, Ratón, Sin Nombre); G, Unidad Marina Transicional; H, Unidad Carbonífera Superior (Mantos Pequeños, Bronciento Huitrero), (BRUGGEN, 1913); Fm Millongue, marina; I, Mb arenos-conglomerático basal; J, Mb arcillo-arenoso; K, Mb arcilloso (=Fm. Caleta Viel, GARCIA, 1986); L, limo arcilloso tobáceos (=Mb Locobe); M, Mb arenoso terminal (Rio Pilpilco, borde Oriental), (TAVERA, 1942, 1989). 16.- Nivel actual del mar.

al., 2001), y que más de 2.000 Gt de CO₂ fueron agregadas a la atmósfera y al océano (Caldeira and Wicket, 2003). Dicha cifra es comparable en magnitud a la que podría agregar el hombre a la atmósfera terrestre en las próximas 4 centurias (Zachos *et. al.*, 2001). Ello resulta de especial significado para la adecuada comprensión del Calentamiento Global actualmente en desarrollo, y para evaluar el significado real de las eventuales extinciones masivas que se supone podrían producirse por tal motivo.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

El hecho que los eventos térmicos señalados no hayan tenido dicho carácter y hayan afectado sólo localmente determinados ambientes terrestres y oceánicos sugiere interesantes y optimistas opciones al respecto.

Referencias

- Brüggen, J. 1913. Informe sobre las exploraciones geológicas de la región carbonífera del sur de Chile. Boletín de la Sociedad Nacional de Minería (Chile) 3 (25): 49-84.
- Caldeira, K.; Wickett, M.E. 2003. Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425: 365.
- García, F. 1968. Estratigrafía del Terciario de Chile Central. *In* Sociedad Geológica de Chile, El Terciario de Chile. Zona Central (G. Cecioni, Coordinador). Editorial Andrés Bello: 25-56. Santiago.
- Martínez-Pardo, R.; Martínez-Guzmán, R. 1997. La Formación Curanilahue del Paleógeno Carbonífero de la Cuenca de Arauco-Concepción, Chile Central: el Ocaso de la 'opinión-estratigrafía' como herramienta habitual en el trabajo geológico nacional. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 8, Actas 1: 520-524. Antofagasta.
- Martínez-Pardo, R.; Martínez-Guzmán, R.; Vilches-Guzmán, G. 1997. El límite Paleoceno-Eoceno en la Cuenca carbonífera de Arauco-Concepción, Chile Central. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 8, Actas 1: 530-533. Antofagasta.
- Muñoz-Cristi, J. 1946. Algunos problemas de la geología chilena. *In* Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología, No. 2, Anales 3 (2): 413-433. Petrópolis, Brasil.
- Schmitz, B.; Speijer, R.P.; Aubry, M.P. 1996. Latest Paleocene benthic extinction event on the southern Tethyan shelf (Egypt): Foraminiferal stable isotopic ($\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$) records. *Geology* 24 (4): 347-350.
- Stott, L.D. 1992. Higher temperature and lower oceanic pCO₂: A climate enigma at the end of the Paleocene epoch. *Paleoceanography* 7: 395-404.
- Tavera, J. 1942. Contribución al estudio de la estratigrafía y paleontología del Terciario de Arauco. *In* Congreso Panamericano de Minería y Geología, No. 1, Actas 2: 580-632.
- Zachos, J.; Pagani, M.; Sloan, L.; Thomas, E.; Billups, K. 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma. to Present. *Science* 292(5517): 686-693.
- Zachos, J.; Dickens, G.; Zeebe, R. 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon cycle dynamics. *Nature* 451: 279-283.

USO DE MADERAS CARBONIZADAS COMO INDICADOR PARA DETERMINAR TEMPERATURA DE DEPOSITACIÓN DE OLEADAS PIROCLÁSTICAS DURANTE EL INTERGLACIAL VALDIVIA, CENTRO SUR DE CHILESalvadores-Cerda, L.¹⁻²; Pino, M.¹⁻²; Moreno, K.¹⁻³¹Laboratorio de Paleocología, Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, lesalce@yahoo.es. ²FORECOS, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.³School of Biological Earth and Environmental Sciences, University of New South Wales, Sydney, New South Wales 2052, Australia

En la costa de Valdivia afloran depósitos fluviales, palustres y volcanoclásticos que conforman una terraza del Interglacial Valdivia (127-110 Ka) (Pino, 1999, 2003; Pino *et al.*, 2002; Villalobos, 2005; Latorre *et al.*, 2007), equivalente a MIS 5e. Uno de los mejores afloramientos de estos depósitos se localiza en la isla Mancera, en la costa oriental de la bahía de Corral (39°53' S 73°23' W), Región de los Ríos (Pino *et al.*, 2002; Villalobos, 2005; Salvadores-Cerda, 2008). En este lugar se recuperaron y analizaron restos de madera, con diferente grado de carbonización en capas de ceniza volcánica que sobreyacen a depósitos de turba y reiteradamente descritas como flujos laháricos (Figs. 1-2) (Salvadores-Cerda y Pino, 2007; Salvadores-Cerda, 2008). Bajo microscopía electrónica de barrido (Figs. 3-6) se determinó que los fósiles carbonizados, a veces totalmente convertidos a ceniza, corresponderían en primera instancia a gimnospermas de la familia Cupressaceae. Estos podrían ser *Pilgerodendron uviferum*, *Austrocedrus chilensis* o *Fitzroya cupressoides* (Moreno, 2004), especies endémicas de los bosques templados australes que han sido reconocidas anteriormente en depósitos de turba de este Interglacial en la zona (Hidalgo, 2007) y que forman parte de los bosques mixtos, donde las gimnospermas son un componente minoritario (Armesto *et al.*, 1995) presentes en ambas cordilleras (Heusser *et al.*, 2005). Estas especies de la familia Cupressaceae, al igual que todas las coníferas, se distribuyen actualmente en los bosques norpatagónicos (Moreno, 2004) presentando núcleos discontinuos entre los 37° y 43° S tanto en la Cordillera de la Costa como en la Cordillera de los Andes (Villagrán y Armesto, 2005).

Misra *et al.* (1993) reprodujeron experimentalmente carbones de distintas especies a distintas temperaturas y tiempos para ver la composición de las cenizas de maderas. En este trabajo se mide el grado de carbonización de manera experimental mediante comparación de imágenes digitales por histogramas de color para establecer el nivel de carbonización de los fósiles e indicar las temperaturas alcanzadas en un rango que fluctúa en torno a los 500° C (Pino *et al.*, 2007; Salvadores-Cerda y Pino, 2007; Salvadores-Cerda, 2008). Tales temperaturas corresponden a flujos piroclásticos (Maury *et al.*, 1973; Zlotnicki *et al.*, 1984) que habrían originado una gran perturbación e influencia significativa en la composición vegetacional de la época y de manera indirecta sobre la fauna asociada, lo que ratifica Machida (2002). Las 5 especies de coníferas recientes utilizadas como referencias (3 cupresáceas, 1 podocarpácea y 1 araucariácea) presentaron una respuesta distinta al tiempo y exposición a las temperaturas aplicadas. Esta evidencia experimental es apoyada por la presencia de pómez en el sector costero, las cuales corresponden a rocas piroclásticas. Estos fósiles constituyen uno de los primeros hallazgos en esta facies y en su mayoría son de tonos muy claros, debido a las altas temperaturas a las que estuvieron sometidos, al tiempo de exposición durante el transporte hasta el lugar de depositación, y al alto grado de silicificación (Salvadores-Cerda y Pino, 2007; Salvadores-Cerda, 2008), debido al gran contenido de sílice que presenta la ceniza volcánica que constituye la matriz del estrato portador. Debido a la diferencia en el comportamiento de las distintas maderas frente al rango de temperaturas expuestas,

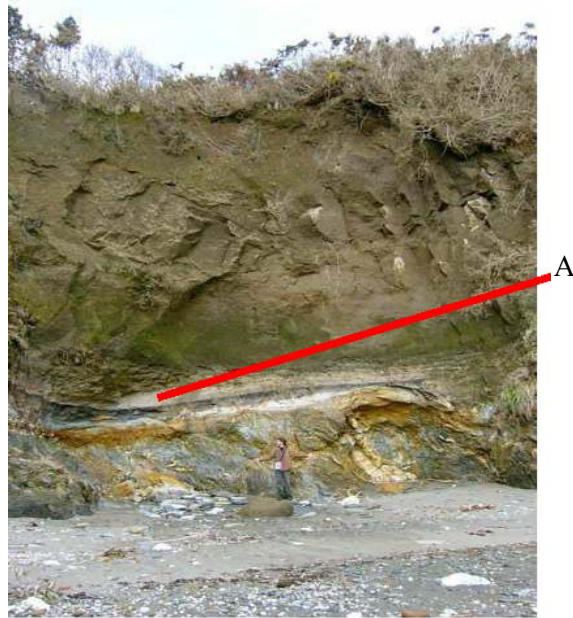


Fig.1. Afloramiento en isla Mancera, en la costa oriental de la bahía de Corral, Región de los Ríos. La línea (A) señala el estrato portador de fósiles que sobreyace a la turba.

condicionado por los tiempos de exposición, se puede establecer una relación entre el estado de conservación de los fósiles y su exposición en los flujos piroclásticos.

Se desconoce si las maderas analizadas provienen de los Andes o se incorporaron localmente. Sin embargo, hay concordancia con tipos de árboles que han sido descritos en turbas locales. Estos hallazgos, realizados tanto en turbas como en depósitos de ceniza volcánica Interglacial, constituyen una herramienta junto a los análisis palinológicos para realizar reconstrucciones vegetacionales y paleoambientales que nos pueden ayudar a entender mejor la variabilidad climática del actual Interglacial.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada parcialmente por los proyectos DID UACH S-200629 y P04-065F de la Iniciativa Científica Milenio de MIDEPLAN.



Fig. 2. Maderas fósiles insertas en matriz de ceniza volcánica. Cuadrícula = 1 cm.

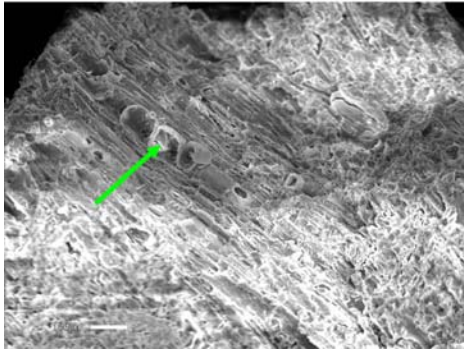


Fig. 3. Estructura correspondiente a un radio leñoso uniseriado homogéneo (flecha) en un espécimen fósil. Escala = 100µm.

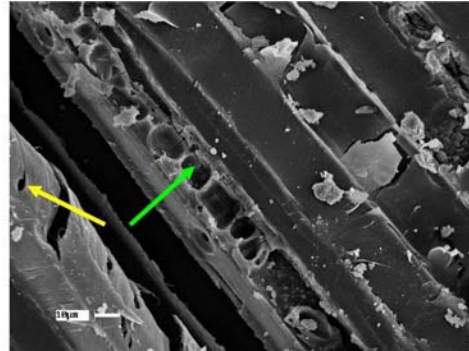


Fig. 4. *Fitzroya cupressoides*. Muestra reciente. Sección longitudinal tangencial. Se observa un radio leñoso uniseriado homogéneo (flecha derecha) y un par de punteaduras semiareoladas en primer plano (flecha izquierda). Escala = 10µm.

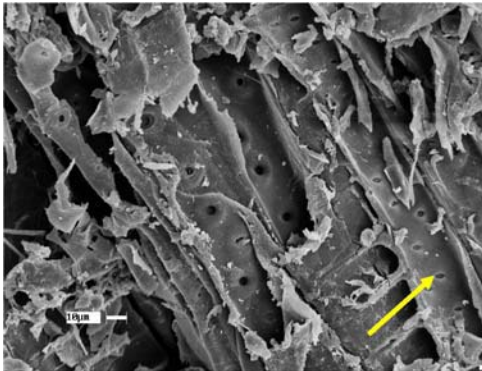


Fig. 5. *Austrocedrus chilensis*. Ejemplar actual. Escala = 10µm.

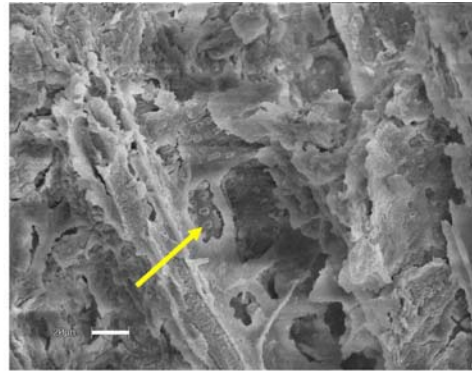


Fig. 6: Vaso punteaduras con placas semiareoladas de tipo cupresoide en un espécimen fósil. Sección radial longitudinal. Escala = 20µm.

Referencias

- Armesto, J.J.; Aravena, J.C.; Villagrán, C.; Pérez, C.; Parker, G.G. 1995. Bosques Templados de la Cordillera de la Costa. *In* Ecología de los Bosques Nativos de Chile (Armesto, J.J.; Villagrán, C. y Arroyo M.T.K.; Editores). Editorial Universitaria: 199-213. Santiago.
- Armesto, J.J.; León-Lobos, P.; Arroyo, M.K. 1995. Los Bosques Templados del Sur de Chile y Argentina: una Isla Biogeográfica. *In* Ecología de los Bosques Nativos de Chile (Armesto, J.J.; Villagrán, C. y Arroyo M.T.K.; Editores). Editorial Universitaria: 23-28. Santiago.
- Heusser, L.; Heusser, C.; Pisias, N. 2005. Vegetation and climate dynamics of southern Chile during the past 50,000 years: results of ODP Site 1233 pollen analysis. *Quaternary Science Reviews*.
- Hidalgo, B. 2007. "Maderas Subfósiles del Último Interglacial de la Costa de Valdivia: Interpretaciones Anatómicas, Tafonómicas y Vegetacionales". Tesis de Grado de Licenciado en Ciencias Biológicas (Inédito), Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Latorre, C.; Moreno, P. I.; Vargas, G.; Maldonado, A.; Villa-Martínez, R.; Armesto, J.; Villagrán, C.; Pino, M.; Núñez, L.; Grosjean, M. 2007. Late Quaternary Environments and Palaeo-Climate. *In* The Geology of Chile (Moreno, T. and Gibbons, W.; Editors). The Geological Society: 311-330. London
- Machida, H. 2002. Impact of Tephra Forming Eruptions on Human Beings and the Environment. *Global Environment Resources* 6 (2): 61-68.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

- Maury, R; Arai, F.; Mimura, K.; Hayatsu, K.; Kobayashi, K. 1973. Estimation des Températures de Mise en Place des Brèches Pyroclastiques du Japon D'après L'étude de Leurs Bois Carbonisés. *Comptes Rendu Academie des Science, France D (277)*: 1621-1624.
- Misra, M.K; Ragland, K.W.; Baker, A. 1993. Wood ash composition as a function of furnace temperature. *Biomass and Bioenergy* 4 (2): 103-116.
- Moreno, P. 2004. Millennial-scale climate variability in northwest Patagonia over the last 15 000 yr. *Journal of Quaternary Science* 19(1): 35-47.
- Pino, M. 1999. Last Interglacial Volcanic Sediments at the Coast of Valdivia, South of Chile. In *International Symposium on Andean Geodynamics, No. 4, Extended Abstract*: 589-593. Göttingen, Germany.
- Pino, M. 2003. ¿Dónde estaba la Costa en el Último Interglacial? Evidencias Estratigráficas y Geomorfológicas, IX y X Regiones, Chile. *In Congreso de Ciencias del Mar, No. 22*: 122. Punta Arenas.
- Pino, M. 2003. Last Interglacial Volcanic Sediments at the Coast of Valdivia, South of Chile. *Terra Nostra Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung* 03. Sediment 2003. *In Meeting of Sedimentologist, No. 18*: 52-53.
- Pino, M; Moreno, K.; Riedemann, M. 2002. La Terraza del Último Interglacial de Valdivia: Observaciones, Interpretaciones y Desafíos. *In Simposio Internacional de Geología Ambiental para Planificación del Uso del Territorio*: 165-168. Puerto Varas.
- Pino, M; Hidalgo, B; Abarzúa, A.M.; Salvadores, L. 2007. Organo-clastic and volcanic depositional environments of the Valdivia interglacial terraces: a wood taphocenosis based interpretation. *In GEOSUR, International Geological Congress on the Southern Hemisphere*. Santiago de Chile.
- Salvadores-Cerda, L.; Pino, M. 2007. Uso de maderas carbonizadas como indicador para determinar temperaturas de flujos piroclásticos durante el Interglacial Valdivia. *In Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Chile, No. 50, y Reunión Anual de Sociedad de Botánica de Chile, No. 19*, Pucón, Chile.
- Salvadores-Cerda, L. 2008. Uso de maderas carbonizadas como proxy para determinar temperatura de deposición de oleadas piroclásticas durante el Interglacial Valdivia, Centro Sur de Chile. Tesis de Grado de Licenciado en Ciencias Biológicas (Inédito), Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Villagrán, C.; Armesto, J.J. 2005. Fitogeografía Histórica de la Cordillera de la Costa de Chile. *In Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile* (C. Smith-Ramírez, J.J. Armesto y C. Valdovinos; Editores). Editorial Universitaria: 99-115. Santiago.
- Villalobos, M. P. 2005. Evidencia de la Fluctuación del Nivel del Mar y Alzamientos Tectónicos desde el Pleistoceno Tardío en Isla de Mancera X Región de los Lagos-Chile: Registro Estratigráfico y Sedimentológico. Tesis de Grado de Licenciado en Biología Marina (Inédito), Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Zlotnicki, J; Pozzi, J.P; Boudon, G.; Moreau, M.G. 1984. A New Method for the Determination of the Setting Temperature of Pyroclastic Deposits (Example of Guadeloupe: French West Indies). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 21: 297-312.

INFLUENCIA ANTRÓPICA EN EL PAISAJE DE LA PATAGONIA CHILENA, REGIÓN DE COYHAIQUE (45°40'S; 72°14'W). REGISTRO PALINOLÓGICO RECIENTE

Mauricio J. Rondanelli-Reyes¹; Carolina A. León-Valdebenito²

¹Laboratorio de Palinología, Grupo de Estudios Silvoecológicos (GESE), Departamento Forestal, Universidad de Concepción, Campus Los Angeles y Centro de Investigación en Ecosistemas Patagónicos (CIEP), Casilla 317 Los Angeles, Chile, mronthane@udec.cl.

²Departamento de Biología Vegetal I, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense, Madrid, España

Las subcuencas más importantes de la hoya hidrológica del río Aisén son las del río Blanco, río Mañihuales, río los Palos y la del río Simpson. Esta última cubre el 32% del total de la cuenca del río Aisén y abarca desde la junta de los ríos Huemules y Blanco hasta la junta del río Simpson con el río Mañihuales, incluyendo la hoya del río Coihaique (Dirección General de Aguas-DGA, 2004).

La subcuenca del río Simpson ha sido categorizada como perteneciente a la ecorregión templada intermedia de la región de Aisén, que corresponde a áreas intermontanas de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, ubicada a la sombra de las lluvias, donde predominan las praderas naturalizadas (Silva *et al.*, 1999). Esta área concentra además, la mayor cantidad de asentamiento poblacional de la región norte de la Patagonia occidental de Chile austral. Es por estas mismas razones que se convierte en un área vulnerable a los efectos degradativos del hombre, lo que hace necesario comprender, entre otros aspectos, la dinámica histórica del ecosistema para evaluar los efectos ambientales en él y contribuir a la evaluación de un modelo de gestión sustentable del territorio y de sus recursos.

El estudio palinológico que evidencia el comportamiento de los taxones vegetales a través del tiempo, complementado con investigaciones sedimentológicas, geomorfológicas y climatológicas, permite describir, sobre la base de cronologías precisas, el comportamiento de la vegetación en ambientes de depositación conocidos, y con ello, elaborar modelos predictivos de gestión sustentable para un ecosistema particular. Bajo esta consideración, el objetivo de la presente investigación palinológica realizada en el ecosistema de Laguna Cea (45°40'S; 72°14'W), en la subcuenca del río Simpson, es aportar información sobre el comportamiento vegetacional de este ecosistema austral en el pasado histórico reciente.

Para obtener el perfil estratigráfico se realizó un sondaje de 1 m de profundidad en la rivera oriental de desagüe de la laguna, con ayuda de una sonda Livingstone. La totalidad del perfil fue analizado cada 5 cm, cubriendo de base a techo. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Palinología del Departamento Forestal de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, bajo la metodología clásica de Faegri e Iversen (1975). La identificación de los granos de polen se realizó con ayuda de los manuales polínicos de Heusser (1971) y de Markgraf y D' Antoni (1978), especializados en la vegetación nativa de Chile y Argentina, respectivamente. El recuento polínico se efectuó al microscopio óptico. Se contaron como mínimo 300 granos de polen por preparación, siguiendo el método de área mínima utilizado en los estudios de comunidades vegetacionales, adaptado al recuento polínico por Bianchi y D' Antoni (1986). Los preparados palinológicos fueron depositados en el Laboratorio de Palinología antes indicado. Los recuentos polínicos se organizaron en una matriz de datos, expresando los valores de los tipos polínicos en porcentajes. Estos fueron calculados sobre la suma total, de la que se excluyeron las esporas de hongos y helechos para evitar la sobre representación de estos taxones. Con ayuda del software C2 (Juggins, 2003) se construyó el diagrama polínico, realizándose además un análisis de correspondencia para representar las categorías de las dos variables en un espacio de pequeña dimensión y que permite interpretar las similitudes entre las

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Tabla 1. Información radiométrica (AMS) del perfil Laguna Cea. Los resultados indican una edad posterior a 0 Antes del Presente (AP). *- Datación no considerada en el análisis histórico vegetacional.

Profundidad (cm)	Tipo de análisis	Edad radiocarbónica reportada	Edad radiocarbónica Convencional	¹³ C/ ¹² C Radio (0/00)	Referencia en el laboratorio
0,35	AMS	140 +/- 40 BP	120 +/- 40 BP	-26,0	Beta -225429
0,75	AMS	103.7 +/- 0,4 pMC*	104,5 +/- 0,4 pMC	-29,0	Beta -225430

muestras y los taxones polínicos. La datación AMS se realizó en el laboratorio Beta Analytic Inc., en Florida, Estados Unidos (Tabla 1).

El registro polínico (Fig. 1) presenta una diversidad de 24 taxones identificados, donde se observa la dominancia de los tipos polínicos *Nothofagus dombeyi* y Poaceae. Se establecen para el diagrama dos grandes zonas polínicas, de base a techo del perfil:

Zona 1, 0,80 – 0,35 cm. La base del perfil muestra un alto porcentaje del tipo polínico *Nothofagus dombeyi* (55- 60%) y de Poaceae (25%), seguido por los taxones arbóreos Podocarpaceae (7- 8%) y Cupressaceae (6-9%). En el techo de la zona 1 se destaca por su abundancia relativa, polen de Berberidaceae (10-14%) junto con la presencia de los indicadores polínicos acuáticos *Isoetes savatieri* Franchet (2,7-3%) y *Myriophyllum elatinoides* Gaud. (2,9-3,4%).

Zona 2, 0,35 – 0,1 cm. Esta zona está dominada por polen de Cyperaceae (25-30%). El componente arbóreo, de base a techo, disminuye. Poaceae (12-19%), Berberidaceae (10-14%) y Apiaceae (4-8%) indican las abundancias más significativas después del porcentaje polínico de las ciperáceas. En el techo de la zona, que se corresponde con el techo del perfil, se observa una diversidad de taxones polínicos asociados a un componente mayoritariamente herbáceo, tales como Ericaceae, Cruciferae, Convolvulaceae, Caryophyllaceae, *Acaena* (Mutis ex L.), *Plantago* (L.) , Asteraceae, Gunneraceae y Polygonaceae.

Los resultados palinológicos para Laguna Cea evidencian una evolución en el paisaje vegetal desde un ecosistema boscoso compuesto por fagáceas, cupresáceas y podocarpáceas, a un ecosistema actual de tipo pradera, dominado por especies del matorral bajo, como berberidáceas y del estrato herbáceo, como las gramíneas.

El perfil analizado se zonificó empleando dos criterios, el visual, sustentado en el comportamiento social de la vegetación y relacionado con la presencia/ausencia de los taxones, y el otorgado por la herramienta estadística del análisis de correspondencia. Se consideró este último instrumento para fundamentar de mejor manera el agrupamiento de las muestras que presentaban mayor similitud en abundancia y para poder discriminar de mejor forma dónde se manifiestan los cambios en la composición vegetal y establecer el límite de la zonación. Las profundidades se agrupan por similitud de abundancia (Fig. 2 A y B), como es el caso de las profundidades entre 0,60 y 0,80 m; 0,30 m; 0,40 m; 0,45 m y entre 0,25 y 0,05 m. Sin embargo, las muestras colectadas a 0,1 m y 0,35 m muestran diferencias en el comportamiento de la prueba estadística aplicada, lo que se puede explicar porque la muestra de 0,1 m es la más superficial del perfil y se corresponde con una depositación *in situ* del polen actual que llega a la subcuenca como resultado de un transporte a través de diversos agentes dispersores, no necesariamente locales, como por ejemplo el hombre y el ganado. Estos pueden llegar a constituir variables extrarregionales importantes en la determinación de una diversidad polínica diferente a la de tiempos históricos pasados, en donde el paisaje era más prístino y por

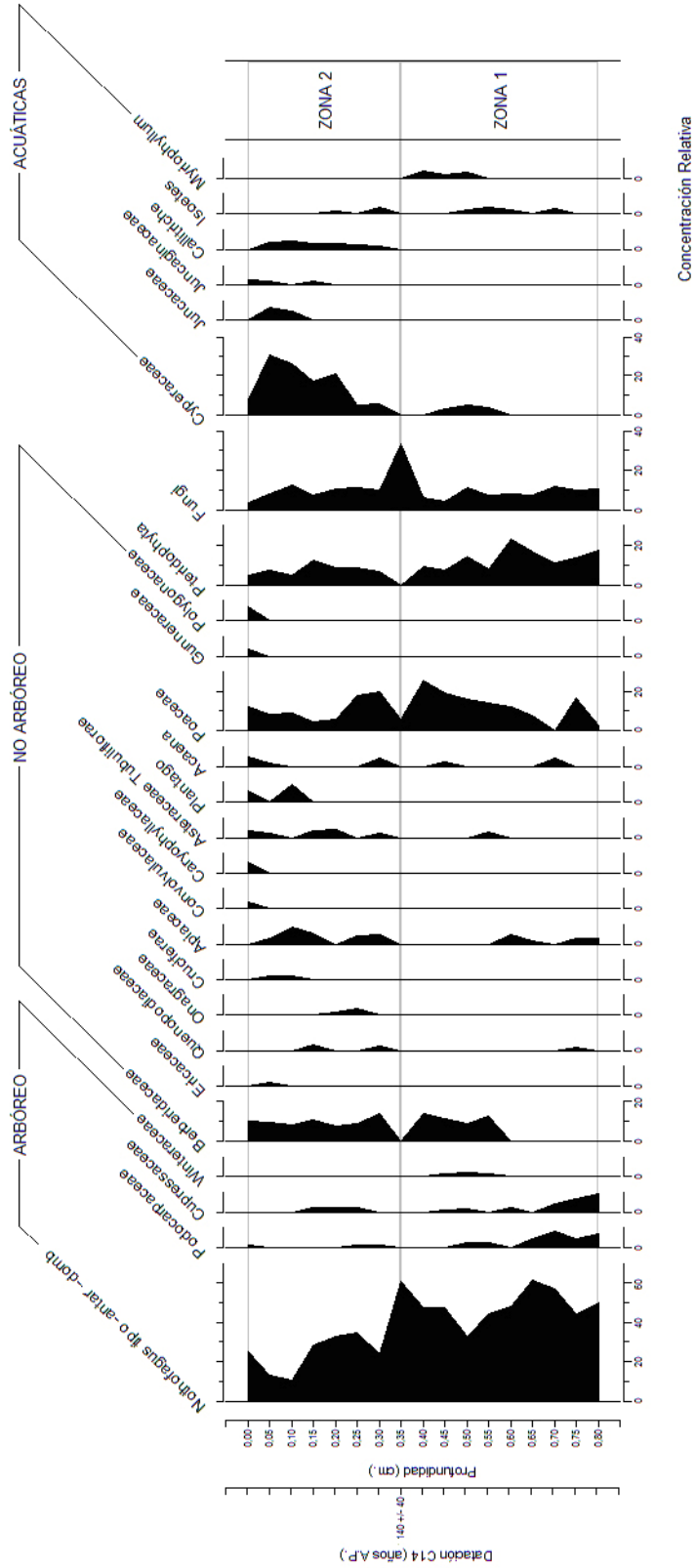


Fig. 1. Diagrama polínico Laguna Cea (45°40'S, 72°14'W), Coihaique, Chile.

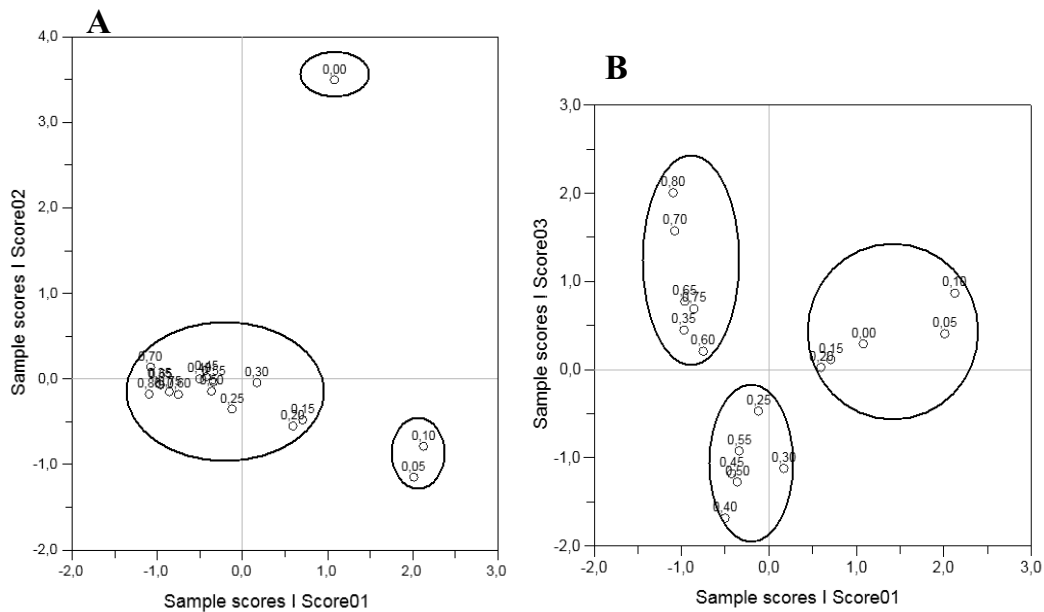


Fig. 2. Análisis de correspondencia, perfil polínico Laguna Cea. A- variable 1 vs. variable 2; B- variable 1 vs. variable 3).

lo tanto las variables que afectaban la dispersión de polen eran más restringidas. Por su parte, la muestra colectada a la profundidad de 0,35 m, cuya datación se corresponde aproximadamente al año calendario de 1850, debe su comportamiento estadístico al hecho de que coincide con un período histórico que marca el decrecimiento del bosque en el ecosistema producto de la llegada de los colonos a la región de Aisén y consecuentemente con ello, el inicio de fuegos extensos para el despeje de áreas destinadas al asentamiento humano y la ganadería (Pomar, 1923).

La información palinológica del perfil para esta época no sólo evidencia el cambio en las abundancias relativas entre el bosque y la pradera, sino que también revela el inicio de la presencia de partículas de carbón en los sedimentos, que refuerza la idea de incendios; situación ya documentada para períodos contemporáneos en otras regiones de la Patagonia occidental (Heusser, 1995; Villa-Martínez y Moreno, 2007). El análisis palinológico del perfil Laguna Cea, en la subcuenca del río Simpson, región de Coihaique, detecta un cambio en la vegetación del ecosistema registrado cronológicamente a mediados del siglo XIX. Este cambio evidencia la transición desde un componente vegetal con características de bosque cerrado hacia el establecimiento de la pradera. Junto con esta transición, el ecosistema lacustre va dando paso a la formación de pantano, formando éste la transición ecotonal con el bosque. La interpretación polínica del diagrama sugiere que la intervención antrópica en la región es un agente modelador importante en el ecosistema, lo que apoyado por la documentación histórica disponible para la época, en relación al uso del fuego, que propagó las quemadas en la región de Aisén, a la llegada de los colonos hacia fines del siglo XIX, demuestra que la variable de la intervención humana, constante en la zona hasta el día de hoy, operaría con mayor efectividad que la variable climática en la estructuración vegetal del paisaje; un elemento de importancia a la hora de considerar una planificación territorial basada en la conservación del recurso florístico.

Agradecimientos

Investigación financiada por el proyecto FONDECYT 1050576.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

Referencias

- Bianchi, M.; D'Antoni, H. 1986. Depositación del polen actual en los alrededores de Sierra de Los Padres (Prov. de Buenos Aires). *In* Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, No. 6., Actas: 16-27. Mendoza.
- Dirección General de Aguas-DGA. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Aysén. Dirección General de Aguas, Chile. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Aysen.pdf Leído el 18 de enero de 2007.
- Fægri, K.; Iversen, J. 1975. Textbook of Pollen analysis. Munksgaard: 145 p. Sweden.
- Heusser, C. 1971. Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae. Arizona University Press: 167 p. Tucson.
- Heusser, C. 1995. Palaeoecology of a *Donatia-Astelia* cushion bog, Magellanic Moorland-Subantarctic Evergreen Forest transition, southern Tierra del Fuego. *Review of Palaeobotany and Palynology* 89: 429-440.
- Juggins, S. 2003. C2 user guide. Software for ecological and palaeoecological data, analysis and visualisation. University of Newcastle, Newcastle: 69 p. UK.
- Markgraf, V.; D' Antoni, H. 1978. Pollen Flora of Argentina. University Arizona Press: 208 p. Tucson. USA.
- Pomar, J. 1923. La concesión del Aisén y el valle Simpson (notas y recuerdos de un viaje de inspección en mayo y junio de 1920). Imprenta Cervantes: 138 p. Santiago.
- Silva, F.; Ahumada, M.; Cerda, J. 1999. Guías de condición para los pastizales de la ecorregión templada intermedia de Aysén. Informe Técnico 8 (Inédito). Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Aisén, Chile. 128 p.
- Villa-Martínez., R.; Moreno, P. 2007. Pollen evidence for variations in the southern margin of the westerly winds in SW Patagonia over the last 12.600 years. *Quaternary Research* 68: 400-409.

EL MAULE Y SUS ROEDORES: TIEMPO Y PROPORCIÓN

Felipe Fuentes M.¹; Nelson Gaete G.²

Universidad Bolivariana, Sede Santiago, Chile, felipe.fuentes.mucherl@gmail.com

²Coordinador Regional, Consejo de Monumentos Nacionales, Región del Maule, Chile, nelsongaete@monumentosdelmaule.cl

Introducción

La estructura de las comunidades biológicas varía de lo individual a lo general, en razón de la asignación de recursos como también por el nivel de acceso a los mismos, de acuerdo con los diversos grados de interacción imperantes (Simonetti y Cornejo, 1990). La premisa anterior cobra sentido en los estudios llevados a cabo en Chile central, específicamente en sitios arqueológicos en la cordillera de Cajón del Maipo (4000 y 1300 A.P), sobre la base de medidas tomadas a restos mandibulares de roedores, específicamente en *Octodon bridgesi* y *Oryzomys longicaudatus*.

El estudio llevado a cabo por Simonetti y Cornejo (1990) señaló que el advenimiento de la agricultura (ca. 2000-500 A.P) y el consecuente despeje del área para cultivos, puntualmente bosques densos, sobrellevaría el costo de la carga ambiental que pudo sufrir *O. bridgesi*, propio del hábitat antes mencionado, el que incorporaría una mayor masa corporal hacia mediados del primer milenio de nuestra era. Por otro lado, taxones de hábitat más variados, como es el caso de *O. longicaudatus*, no se verían mayormente influenciados por este tipo de eventos, difiriendo de forma poco significativa su proporción corporal en el tiempo.

Sobre la base de los análisis métricos desarrollados en los conjuntos óseos de roedores caviomorfos del sitio arqueológico Tutuquén (ca. 10.300-900 A.P), en este trabajo se plantea un contexto más complejo, desestimando a la agricultura como un agente determinante. Lo anterior debido a la presencia de especímenes de gran proporción, en momentos tanto tempranos como tardíos (entre otras variables), lo que apunta a la búsqueda de respuestas alternativas a este tipo de fenómenos, tomando en cuenta la variación de la talla de los micromamíferos, en lapsos más amplios de tiempo.

Material y método

El material utilizado en el presente análisis proviene del sitio arqueológico Tutuquén, ubicado 2 km al oeste de la ciudad de Curicó, en la Región del Maule (Fig. 1). El sitio posee seis fechados directos sobre muestras de hueso humano y uno sobre carbón vegetal, calibradas con el programa Oxcal 4.0 con la curva ShCal 04, las que oscilan ca. 10.000 (Beta-241358) y al 900 AP (Beta-241359). Si bien los fechados provenientes de los esqueletos no guardan relación directa con el sustrato, debido al hecho de que las inhumaciones más tempranas se encuentran estratigráficamente más altas que las recientes, al menos posibilita un marco cronológico del conjunto arqueofaunístico registrado, lo que se justifica con un fechado sobre carbón vegetal en el piso de la capa 3A, ca. 10.000 (Beta-235890).

La muestra proviene de 34 fosas contenedoras de esqueletos humanos y 7 pozos control, subdivididas en 7 capas naturales, con disímiles proporciones de restos óseos animales, destacando cuantitativamente la capa 2-3a, 3a y 3a-3b, siendo 3A-3B una de las más tempranas, en términos de historia natural, no así cultural, tal como se explicó anteriormente. Los restos arqueofaunísticos analizados, alcanzan a 3.206 especímenes, donde 1.010 pudieron ser adscritos a familia, género y especie, a diferencia de los 2.196 restantes, que por su condición poco diagnóstica (p.e., astillas mínimas) cayeron en categorías más generales (Fig. 2).



Fig. 1. Esquema donde se indica la ubicación del sitio Tutuquén.

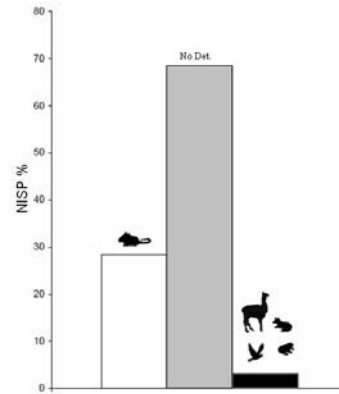


Fig. 2. Composición taxonómica de Tutuquén (NISP %).

El registro está constituido en especial por micromamíferos, los que superan a otros taxones (e.g., cánidos, aves, artiodáctilos). Para el caso de los roedores, la determinación de especies, familias, órdenes o clases se llevó a cabo tomando en cuenta manuales osteológicos (Reice, 1973; Mann, 1978) así como muestras de referencia provenientes del Laboratorio de Arqueología de la Universidad Bolivariana y del Museo Nacional de Historia Natural.

En general se utilizó el método propuesto por Velásquez (2004), donde se especifican los ítems a ser relevados de una muestra arqueofaunística, en pro de desarrollar un producto estándar, adjunto a la toma de medidas de casi la totalidad de los especímenes sobre la base de von den Driesch (1976).

Los conceptos zooarqueológicos utilizados en este trabajo son de tipo cualitativo y cuantitativo. En el orden cualitativo se encuentra el 'especimen', entendiendo a éste como un fragmento de hueso o parte esquelética (Reitz y Wing, 1999). En cambio, el 'elemento' es una sección o hueso completo en particular, que puede estar constituido por uno o por varios especímenes (Reitz y Wing, 1999). De modo cuantitativo, y con la finalidad de medir las relativas frecuencias esqueléticas, se tomó el cálculo del número mínimo de especímenes presentes (NISP o NISP%), el número mínimo de elementos (MNE o MNE%), y el número mínimo de individuos (MNI o MNI%), éste último en base al elemento más recurrente (Grayson, 1984) y a la abundancia relativa de las distintas partes esqueléticas de los taxones roedores (Ri), sobre la base de: $MNE/MNI \times E$ (Andrews, 1990).

El control tafonómico, exclusivamente de la muestra de roedores, se llevó a cabo tomando en cuenta las huellas e índices de fragmentación producidos por distintos carnívoros y rapaces (Andrews, 1990), cotejando estos datos con propuestas más locales (Labarca, 2005; Saavedra y Simonetti, 1998), y tomando en cuenta otras variables como son la meteorización (Behrensmeyer, 1978), las posibles huellas de carnívoros o roedores (Binford, 1981), raicillas y pisoteo (Lyman, 1994), termoalteración (ver referencias en Velásquez, 2004), y otras posibles improntas de origen antrópico (Lyman, 1994).

Resultados

Los controles tafonómicos llevados a cabo sobre la muestra de roedores denotan parciales improntas naturales, destacando éstas sobre las posibles huellas antrópicas (cf. Fuentes, 2008, inédito). Dentro de las primeras abundan las improntas dendríticas y las dejadas por ácidos gástricos, producidas por el paso de los especímenes a través del tracto digestivo, donde las distintas distribuciones

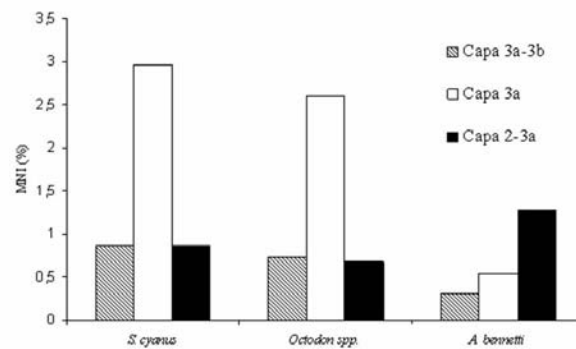


Fig. 3. Frecuencia de caviomorfos (MNI %) en las distintas capas naturales del sitio Tutuquén.

óseas e índices de daños guardan correspondencia con ingresos naturales dados por cánidos o aves strigiformes (*sensu* Labarca, 2005), siendo además significativas las correlaciones entre los Ri de las capas 3A-3B, 3A y 2-3A (*sensu* Andrews, 1990) con los indicadores propuestos para *Dusciyon culpaeus* (Labarca, 2005) y *Tito alba* (Saavedra y Simonetti, 1998).

Las huellas antrópicas se encuentran reflejadas en eventos de termoalteración (no necesariamente intencionales) y por la manufactura de un artefacto sobre diáfisis de caviomorfo. Al interior del conjunto se detectan variados taxones, tanto mamíferos como aves, anfibios o peces. Resultan de interés para este trabajo, por su abundancia relativa, tres especies de roedores: *Abrocoma bennetti*, *Spalacopus cyanus* y *Octodon spp.* (*O. lunatus* y *O. degus*).

Frecuencias de roedores. El examen de presencia y proporción de individuos caviomorfos en la muestra dio como resultado el predominio de *S. cyanus* seguido por *Octodon spp.* en una símil gradiente, pero con una menor proporción de individuos. Ambos taxones están acompañados de una forma bastante marginal por *A. bennetti*, enmarcándose todas las frecuencias, en dirección decreciente hacia momentos subactuales (Fig. 3).

Variabilidad métrica. Los especímenes analizados fueron medidos en casi su totalidad, exceptuando los incompletos, siendo el largo de la diastema la categoría más representada, exponiéndose aquí dichos datos en función de sus capas naturales de proveniencia (Tabla 1).

Tabla 1. NISP de especímenes utilizados en la elaboración de los *box plot*.

	<i>S. cyanus</i>	<i>Octodon spp.</i>	<i>A. bennetti</i>
Capa 3 ^a -3B	19	15	7
Capa 3 ^a	55	28	2
Capa 2-3A	17	13	3
Total	91	56	12

Spalacopus cyanus muestra diferencias y pequeñas similitudes entre las distintas capas analizadas. De esta forma, se identifica una media similar entre 3A-3B y 3A, respecto de 2-3A, donde ésta es más baja. Por otra parte, las diferencias son notorias si se comparan los rangos máximos y mínimos, identificándose una disminución de la talla en la capa intermedia respecto a momentos finales,

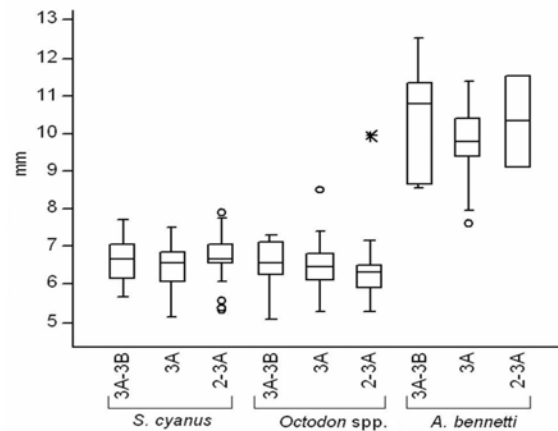


Fig. 4. Box plot del largo del diastema en *Spalacopus cyanus*, *Octodon spp.* y *Abrocoma bennetti*, en las capas 3A-3B, 3A y 2-3A.

donde el conjunto amplía sus rangos de proporción, sin superar los topes mínimos de la capa 3A-3B (Fig. 4).

Octodon spp., exhibe proporciones variables en las distintas capas, las que poseen una parcial similitud entre los topes mínimos y las medias de las capas inferiores. Dentro de las diferencias evidentes que se pueden extraer, se encuentra una evidente disminución en la talla máxima en razón del tiempo (capa a capa), así como un leve aumento de la media hacia momentos recientes (Fig. 4).

Abrocoma bennetti posee una menor proporción de casos respecto de *S. cyanus* y *Octodon sp.* (ver Tabla 1), hecho que pone a este taxón en una desventaja comparativa, pero sin perder relevancia como un dato referencial. Se puede reconocer al menos una disminución en la proporción hacia la capa 3A (Fig. 4) y una evidente mayor talla en el tiempo, respecto de los otros taxones.

Discusión

La variabilidad métrica constatada entre los fechados ca. 10.000 y 900 A.P., complejiza los datos propuestos por Simonetti y Cornejo (1990), al ser comparados los conjuntos medios y tardíos con datos de principios del Holoceno, de mayor o similar talla que los especímenes próximos a momentos agrícolas.

Es importante hacer notar que al menos para *Octodon spp.* y *S. cyanus*, existe un incremento en los topes máximos y mínimos de talla hacia momentos tardíos, respecto de fechas ca. 10.000 A.P. De todas formas un problema difícil de deducir son las drásticas diferencias entre las medias, las que en momentos tempranos alcanzan a ser similares o mayores que los conjuntos tardíos (ca. 900 A.P.). Esto contrasta con la baja proporción en la talla identificada para momentos intermedios y también tardíos (ver caso de *Octodon spp.*), difiriendo de una posible tendencia ascendente. Esto se aleja de la premisa de Simonetti y Cornejo (1990), quienes sostienen que la aparición de la agricultura disminuye la carga ambiental y consecuentemente resulta en un aumento corporal de roedores con ambientes alterados antrópicamente por actividades agrícolas, lo que no tendría precedentes en momentos tempranos.

Las frecuencias taxonómicas de roedores caviomorfos y el complemento con otros taxones identificadas en el sitio (Fuentes, 2008, inédito) permiten sugerir que en el pasado el lugar donde ahora se emplaza el sitio Tutuquén estuvo ocupado por vegetación de ecotono, combinando ambientes como la sabana de *Acacia caven*, sobre pradera, en intersección con un área de cubierta vegetal y matorral denso, próximo a ambientes acuáticos, bien drenados, propicios para la agricultura, sin que

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

esta última jugara necesariamente un papel fundamental en el aumento de la masa de ciertos micromamíferos.

Es necesario explorar otras constantes para la explicación de la variabilidad en la masa corporal, como son las consecuencias que pudo tener la disminución de las distintas unidades vegetacionales (no necesariamente el incremento de alimentos cultivados), ya sea natural o antrópica, en la creación de ambientes más abiertos. Esto se ha documentado para latitudes centro amazónicas, donde el aumento o la disminución corporal de algunos roedores, debido a éste fenómeno, juega un papel estratégico frente a los predadores (Jorge, 2008).

Agradecimientos

Agradecemos a Javier Simonetti por facilitar gran parte de su bibliografía, algunas de difícil acceso, y a María Paz Retamales por sus comentarios a este trabajo y por su cariño.

Referencias

- Andrews, P. 1990 *Owls, Caves and fossils*. The University of Chicago press.
- Behrensmeyer, A. 1978 Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 2:150-162.
- Binford, L. 1981. *Bones. Ancient men and modern myths*. Academic Press, New York.
- Fuentes, F. 2008. Análisis zooarqueológico del sitio Tutuquen (Región de Maule). (Inédito).
- Grayson, D. 1984. *Quantitative zooarchaeology: Topics in the analysis of archaeological faunas*. Academic Press, Orlando.
- Labarca, R. 2005. Zooarqueología de fauna menor en la Puna Salada: el caso de Quebrada Tulán (II Región, Chile). Memoria para optar al título de arqueólogo (Inédito). Universidad de Chile.
- Lyman, R. 1994. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge University Press. Oxford, England.
- Mann, G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana Zología* 40: 1-342.
- Jorge, M.L. 2008. Effects of forest fragmentation on two sister genera of amazonian rodents (*Myoprocta acouchy* and *Dasyprocta leporina*). *Biological Conservation* 141: 617-623.
- Muñoz-Pedrerros, A. 2000. Orden Rodentia. In *Mamíferos de Chile* (Muñoz-Pedrerros, A.; Yañez, J.; Editores). Editorial CEA.
- Reise, D. 1973. Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. *Gayana* 27: 2-20.
- Reitz, E.; Wing, E. 1999. *Zooarchaeology*. Cambridge University Press. Oxford, England.
- Saavedra, B.; Simonetti, J. 1988. Small mammal taphonomy: intraspecific bone assemblage comparison between south and north american barn owl, *Tyto alba*, populations. *Journal of Archaeological Science* 25: 165-170.
- Simonetti, J. 1989. Small mammals as paleoenvironmental indicators: validation for species of central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 62: 109-114.
- Simonetti, J.; Cornejo, L. 1990. Economic and ecological changes: the prehistory of the Andean mountains of central Chile. Working Papers, Center for Latin American Studies, University of Florida: 65-77.
- Simonetti, J. 1994. Paleoeología de micromamíferos de Chile central: la historia de un empobrecimiento. Taller de Arqueología de Chile Central, No. 2. <http://www.arqueologia.cl>
- Torres-Murra, J.C.; Contreras, L. 1998. *Spalacopus cyanus*. *Mammalian Species* 594: 1-5.
- Velásquez, H. 2004. Método para estudiar huesos de animales en sitios arqueológicos: ventajas y problemas. *Chungará, Volumen especial*: 349-359.
- von den Driesch, A. 1976. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin* 1. Harvard University.

EVOLUCIÓN

PHyletic CONSERVATION AND CHANGE: BEHAVIOR IS (MOST) IMPORTANT

Jorge Mpodozis

Laboratorio de Biología del Conocer, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile,
epistemo@uchile.cl

Lineages (such as tetrapoda, eutheria o rodentia) are defined and can be recognized only by the transreproductive conservation of a differential set of structural features. Most of this set is conserved in any member of a given lineage, irrespective of the many different ways of living in that lineage. When a new lineage becomes distinct, a new set of features begins to be conserved. It is then clear that every lineage has its own domain of conservation and change, and in this sense lineages, while they last, change in a restricted, even “directional” way, that is, conserving its own way of change. Given these facts, how can we explain the direction followed by evolutionary changes? The question is intriguing, as not only change, but also conservation needs to be explained. It is evident that a “random walk” scenario is inadequate as explanatory background, since random changes are not going to produce stable and different directions of change and conservation. At least, not in a hundred million of instances (he he). The “external driving force” (or “selective pressure”) scenario is also insufficient, as it will require that different lineages were subject of unchanging and differential driving forces as long as they last (in some cases several hundred millions of years) and diversify (in some cases giving rise to miriads of different derived forms); this will imply that these forces, if they exist, are more related to the lineages themselves than to external natural agents. One has to accept that, in the way of environmental changes, nothing much has happened to horseshoe crabs since their remote origin, but a lot has happened to birds. The notion of “phylogenetic inertia” that sometimes is invoked as an explanation in this regard is also inadequate as it does not explain anything. Indeed, what is phylogenetic inertia, other than a name for the phenomena of conservation?. Conservation is not obligatory, and not always occurs in the same level and extent, as the case of derived parasitic ways of living nicely illustrates. In these circumstances, and considering living beings as systems that exist constitutively in a continuous flow of conservative structural change coupled to a continuous dynamic of interactions with its niche, in this lecture I will propose that the main biological-historical process explaining evolutive conservation and change is behavior, viewed as the historical dynamic of conservation of the organism-niche relationship, both through ontogeny and phylogeny. I will also maintain that this explanation is valid not only for animals, as it can be generalized to all living beings. Examples of all this will be given in this lecture.

EXTINCCIONES MASIVAS: TRIÁSICO-JURÁSICO (T-J), EJEMPLO DE UNA CRISIS BIÓTICA EN ECOSISTEMAS MARINOSLuis F. Opazo¹; Richard Twitchett¹; Luke Mander²

¹School of Earth Ocean and Environmental Sciences, University of Plymouth, Plymouth, UK., Drake Circus PL4 8AA, luis.opazomella@plymouth.ac.uk. ²School of Biology and Environmental Science, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

Las extinciones masivas se caracterizan por retornar los ecosistemas a niveles básicos de organización, generando cambios en la dominancia de especies y modificando la estructura ecológica, complejidad y funcionalidad de las comunidades. Las extinciones masivas se definen como una substancial pérdida de diversidad, de amplia extensión taxonómica y geográfica, y de corta duración (Hallam y Wignall, 1997). En la historia de la biosfera han ocurrido cinco eventos de extinción masiva (Bambach *et al.*, 2004; Raup y Sepkoski, 1982). De estos, el Triásico-Jurásico (T-J) es listado cuarto en pérdida de diversidad y tercero por sus efectos ecológicos (McGhee *et al.*, 2004). Contrariamente, es uno de los fenómenos extintivos menos comprendidos (Twitchett, 2006), debido a la restrictiva disponibilidad de secciones marinas, la centralizada investigación en el hemisferio norte, falta de un estratotipo que defina el límite T-J y al reducido número de estudios que consideren amplias escalas geográficas. Si bien el interés por el límite antes mencionado ha aumentado últimamente (Hesselbo *et al.*, 2007), es necesario generar análisis comparativos de alta resolución temporal y en especial geográfica, para así evaluar la extensión de los cambios involucrados en este evento.

Las causas de esta extinción han sido asociadas a varios factores, como volcanismo (Palfy *et al.*, 2003), impacto de asteroide (Simms, 2003) y cambios del nivel del mar (Hallam y Wignall, 1997). Sin embargo, recientes datos radiométricos asocian esta extinción con CAMP, Provincia Magmática Centro-Atlántica (Palfy *et al.*, 2003), la que liberó a la atmósfera CO₂ y SO₂ por un período de 20 a 40 ka (Berner y Beerling, 2007). Estos factores produjeron un incremento de la temperatura, aumento en las concentraciones de CO₂, disminución en salinidad, acidificación de los océanos y una baja saturación de las concentraciones de carbonatos en los océanos (Hautman, 2004). Esta serie de perturbaciones modificaron seriamente la estructura biótica, produciendo un gran impacto en diferentes niveles de organización en los ecosistemas marinos. Por ejemplo, la extinción y malformación en el nanoplancton calcáreo, extinción de taxones asociados a arrecifes coralinos y a sistemas costero, alta tasa de recambio de especies de braquiópodos, reducción del tamaño de las especies y una selectiva extinción de la infauna (van de Schootbrugge *et al.*, 2007; Kiessling *et al.*, 2007; Tomasovych y Siblik, 2007; Barras y Twitchett, 2007). Todos estos antecedentes muestran una pérdida en diversidad y una drástica reorganización de las comunidades en sistemas bentónicos. Sin embargo, la intensidad del impacto ecológico, el tiempo de respuesta, la extensión y la evolución de las comunidades marinas post-evento son aún poco claras.

Un proceso de extinción masiva consta de dos etapas, la desaparición (extinción) y la reintegración de especies (recuperación) a la comunidad. La recuperación es un proceso que involucra la evolución de especies, reorganización de la comunidad y cambios en los modos de vida de los organismos o el uso del espacio ecológico (Bush *et al.*, 2007). Muchos modelos de recuperación han sido propuestos para describir la dinámica de reintegración de nuevas especies (ver Twitchett, 2006). Sin embargo, falta generar modelos realistas aplicables al T-J.

Los estudios de las extinciones masivas son muy escasos en Chile y existe limitada información respecto al límite T-J (Hillebrandt, 1990). Esto hace necesario generar listados de especies fósiles a través de distintos eventos extintivos. Además, se plantea la necesidad de realizar estudios paleoecológicos en el hemisferio Sur y en

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

especial en nuestro país, de manera de generar nuevas líneas y enfoques de investigación en Paleontología.

Referencias

- Bambach, R. K.; Knoll, A. H.; Wang, S.C. 2004. Origination, extinction, and mass depletions of marine diversity. *Paleobiology* 30: 522-542.
- Barras, C.G.; Twitchett, R.J. 2007. Response of the marine infauna to Triassic-Jurassic environmental change: Ichological data from southern England. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 244(1-4): 223-241.
- Berner, R.A.; Beerling, D.J. 2007. Volcanic degassing necessary to produce a CaCO₃ undersaturated ocean at the Triassic-Jurassic boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 244(1-4): 368-373.
- Bush, A.M.; Bambach, R.K.; Daley, G.M. 2007. Changes in theoretical ecospace utilization in marine fossil assemblages between the mid-Paleozoic and late Cenozoic. *Paleobiology* 33(1): 76-97.
- Hallam, A.; Wignall, P.B. 1997. *Mass extinctions and their aftermath*, Oxford University Press: 320 p. New York.
- Hautmann, M. 2004. Effect of end-Triassic CO₂ maximum on carbonate sedimentation and marine mass extinction. *Facies* 50: 257-261.
- Hesselbo, S.P.; Mcroberts, C.A.; Palfy, J. 2007. Triassic–Jurassic boundary events: problems, progress, possibilities, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 244: 1–10.
- Hillebrandt, A.V.1990. The Triassic-Jurassic boundary in the northern of Chile, *Cahiers de l'Universite catholique de Lyon, Serie Scientifique* 3: 27-53.
- Kiessling, W.; Aberhan, M.; Brenneis, B.; Wagner, P.J. 2007. Extinction trajectories of benthic organisms across the Triassic-Jurassic boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 244(1-4): 201-222.
- McGhee J.R.; G.R.; Sheehan; P.M.; Bottjer, D.J.; Droser, M.L. 2004. Ecological ranking of Phanerozoic biodiversity crises: Ecological and taxonomic severities are decoupled. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 211(3-4): 289-297.
- Pálfy, J.; Parrish, R.R.; David, K.; Voros, A. 2003. Mid-Triassic integrated U-Pb geochronology and ammonoid biochronology from the Balaton Highland (Hungary). *Journal of the Geological Society* 160(2): 271-284.
- Raup, D.M.; Sepkoski, J.J. 1982. Mass extinctions in the marine fossil record. *Science* 215: 1501-1503.
- Simms, M.J., 2003. Uniquely extensive seismite from the latest Triassic of the United Kingdom: Evidence for bolide impact?. *Geology* 31(6): 557-560.
- Tomasových, A.; Siblík, M. 2007. Evaluating compositional turnover of brachiopod communities during the end-Triassic mass extinction (Northern Calcareous Alps): Removal of dominant groups, recovery and community reassembly. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 244(1-4): 170-200.
- Twitchett, R.J. 2006. The palaeoclimatology, palaeoecology and palaeoenvironmental analysis of mass extinction event. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 232: 190-213.
- Van De Schootbrugge, B.; Tremolada, F.; Rosenthal, Y.; Bailey, T.R.; Feist-Burkhardt, S.; Brinkhuis, H.; Pross, J.; Kent, D.V.; Falkowski, P.G. 2007. End-Triassic calcification crisis and blooms of organic-walled 'disaster species'. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 244(1-4): 126-141.

THE EVOLUTION AND DEVELOPMENT OF THE PERCHING DIGIT OF BIRDS

Alexander O. Vargas¹; John F. Fallon²; David Rubilar-Rogers³; Jorge Mpodozis¹

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, thearchosaur@gmail.com. ²Department of Anatomy, University of Wisconsin-Madison.

³Área Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural

Introduction

The early theropod ancestors of birds were cursorial (runners). The central digits 2, 3 and 4 of the foot were longest, with outer digits 1 and 5 reduced (Fig. 1A). Digit 1 lost its proximal epiphysis, no longer articulating to the ankle, but rather to a fossa on the medial side of metatarsal II by means of a non-synovial joint (Middleton, 2001). In early theropods, this attachment site is found at about mid-length of metatarsal 2; digit 1 did not touch the ground (and thus is generally absent in fossil prints). In birds, the perching digit 1 is found towards the distal end of metatarsals and is opposable (Fig. 1A). The reversed orientation of the perching digit in birds is mostly due to the twisted shape of its reduced metatarsal (Middleton, 2001). Early theropods lack this torsion, indicating digit 1 had a similar orientation to other digits. *Archaeopteryx* represents the intermediate condition; the position of digit 1 on metatarsal 2 is distal, but the orientation of digit 1 is only slightly different than other digits (Mayr *et al.*, 2005). *Confuciusornis* is the earliest bird lineage that already has a “modern”, fully opposed distal perching digit (Chiappe, 2002). We studied the development of position and orientation of the perching digit in the chicken. As in early theropods, after being at about mid-length of metatarsal 2, digit 1 becomes distally allocated, and finally changes orientation, becoming opposed to other digits (Fig. 1B). The change to a distal position may occur because the digit itself is moving along metatarsal 2; alternatively, the metatarsals may exhibit greater growth towards their proximal end, leading to the same end result. To test this, we fate-mapped the early metatarsals by labeling cells in proximal, mid and distal regions. We also inserted fragments of tantalium foil at mid-length of early metatarsals and observed their position at later stages. Our evidence is consistent with a greater growth of metatarsals towards the proximal end. We suggest a single evolutionary event in the lineage leading to birds was responsible for both metatarsal elongation and the distal position of digit 1.

Materials and methods

Examination of chicken foot development. The development of the chicken foot was observed between days 6-13 of incubation by means of whole-mount clearing and staining for cartilage using alcian blue, following the technique of Wassersug (1976). Non-prepared embryos were also photographed to observe soft tissue traits such as interdigits and epidermal pads on the ventral side of digits.

Fate mapping of early metatarsal cells. Dil is a lipophilic dye that does not diffuse from the site of injection (Vargesson *et al.*, 1997). Injections were carried out at days 6 and 7 of incubation with a pedal-activated microinjector and a glass needle. Eggs were windowed at days 3 or 4. At day 7 special care must be taken not to pierce the irrigated amnios. PBS was added to pry apart the irrigated amnios from the eggshell to get to the non-irrigated region below. For adequate identification of the position of early Dil injections, camera lucida drawings were made of the chicken foot at days 6 and 7 but were incompletely cleared revealing the contours of both metatarsals and soft-tissue. The position of each injection was marked onto a photocopy of the drawing. The final destiny of cells injected at day 6 and 7 was observed and photographed at day 9 with a rhodamine fluorescence stereomicroscope (Fig. 2A). Tantalium foil fragments were inserted at mid length of metatarsal 3 at day 6; final position of the inserted barrier was observed at days 9 and 10.

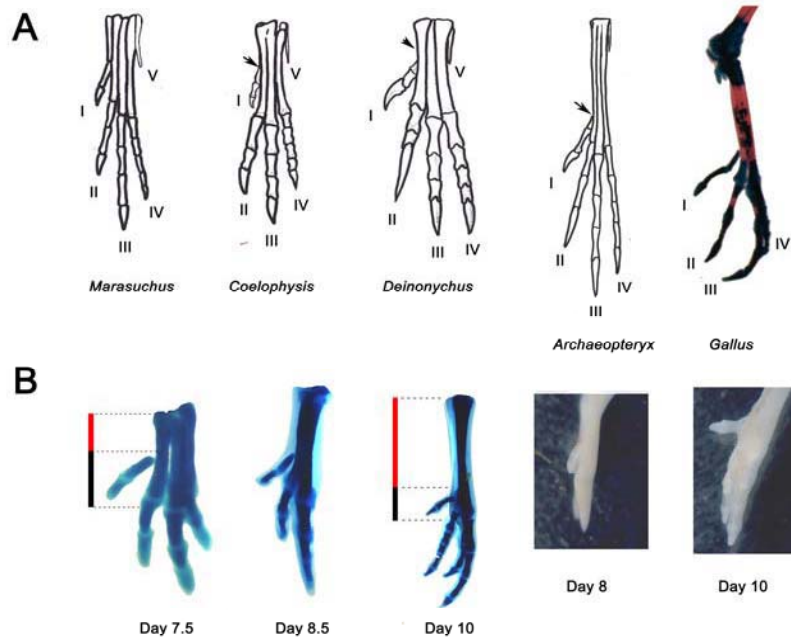


Fig. 1. A- The evolution of adult foot morphology in the lineage leading to birds. The taxa are successively more closely related to modern birds. B- The development of the avian foot shows a similar sequence of changes to that of evolution. Digit 1 is initially at mid-length of the metatarsals, and only thereafter acquires its distal position. At 8.5 the digit begins to change its orientation and is fully reversed (opposable) by day 10.

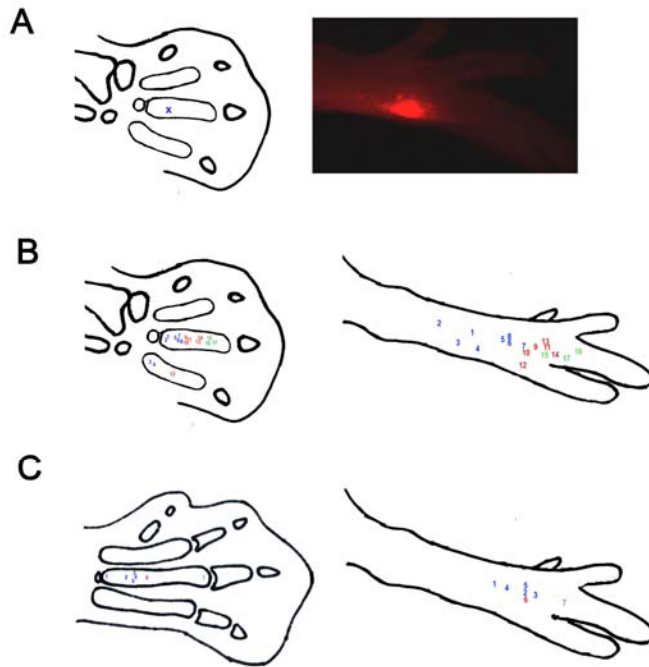


Fig. 2. A- Left: Site of injection of Dil in mid-proximal metatarsals at day 6, indicated by a blue "x". Right: The fluorescent mark is found at day 9 at a distal position. B- Left: Injection sites at proximal, mid and distal regions of day 6 metatarsals. Right: Destiny of injection sites is indicated by the corresponding number. All mid and distal injections become distally allocated; proximal injections at day 6 end up in the mid and proximal metatarsals of day 9. C- Left: Injections sites at proximal, mid and distal metacarpals at day 7. Right: All injection sites at day 7 allocated to the distal portion of the metatarsals at day 9.

Results

Development of position and orientation of the avian perching digit. At day 6 of incubation, digit 1 is found at about mid-length of metatarsal 2 (Fig. 1B). This position becomes more distal and is already at the same position as other digits by day 8. At day 8, epidermal pads are observable on the ventral surface of digits indicating an orientation similar to that of other digits. The ventral side is oriented towards medial (“inwards”) at day 9; the digit has reversed completely by day 10.

The fate of proximo-distal metatarsal regions. The resulting fate map shows that cells in the middle and distal segment of the day 6 metatarsal were always found to be distally located at day 9, in proximity to digit 1. Cells injected in the proximal segment of day 6 metatarsals allocate to mid-proximal positions at day 9 (Fig. 2B). At day 7, injections in distal, mid and even proximal region of the metatarsal were found in the distal region at day 9 (Fig. 2C). Fragments of tantalium foil that were inserted at mid-length of metatarsal 6 were found distal at day 9, in proximity of digit 1 (Data not shown).

Discussion

The results of fate-mapping and tantalium foil insertions are consistent with the hypothesis that metatarsals grow in length asymmetrically, with greater growth towards the proximal end. This conclusion is also consistent with the phenotype of the *shankless* chicken mutant, which develops short metatarsals. In *shankless*, digit 1 is found at mid-length of metatarsal 2 (Smith *et al.*, 2000). The distal position of digit 1 in *Archaeopteryx* is accompanied by metatarsals that are proportionally longer (Fig. 1A). Our developmental data suggests that metatarsal elongation in the bird lineage occurred by greater proximal growth, leading simultaneously to a distally positioned digit 1, rather than these being two separate evolutionary events. This distal position conceivably facilitated the subsequent evolution of perching.

References

- Chiappe, L. M. 2002. Basal bird phylogeny. In Mesozoic Birds (Chiappe, L. M.; Witmer L. M.; Editors). University of California Press.
- Mayr, G; Pohl, B; Peters D. S. 2005. A well-preserved *Archaeopteryx* specimen with theropod features. Science 310: 1483-1486.
- Middleton, K. M. 2001 The morphological basis of hallucal orientation in extant birds. Journal of Morphology (250): 51-60.
- Smyth, J. R. Jr; Sreekumar, G. P.; Coyle, C. A.; Bitgood J. J. 2000. A new recessive ameta-podia mutation in the chicken. Journal of Heredity 91: 340-342.
- Vargesson, N.; Clarke, J. D.; Vincent, K.; Coles, C.; Wolpert, L.; Tickle, C. 1997. Cell fate in the chick limb bud and relationship to gene expression. Development 124: 1909-1918.
- Wassersug, R. 1976. A procedure for differential staining of cartilage and bone in whole formalin-fixed vertebrates. Stain Technol 51: 131-134.

**A HOMEOTIC FRAMESHIFT IN THE EVOLUTION OF THE BIRD WING: NEW
COMPARATIVE AND EXPERIMENTAL EVIDENCE**Alexander O. Vargas^{1,2}; Gunter P. Wagner¹¹Department of Ecology and Evolution, Yale University. ²Departamento de Biología,
Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

Comparative embryology suggests that bird wing digits are 2,3,4, but comparative morphology indicates they are 1,2 and 3. This has led to the proposal that a homeotic frameshift occurred in the evolution of theropod dinosaurs, such that digits 1,2 and 3 develop from embryological positions 2,3, and 4. In the mouse expression of *HoxD-11* at late stages is uniquely absent in digit 1; expression is also only absent in the anterior digit of the wing, suggesting it is a digit 1 that develops at the embryological position of digit 2. If the comparison to digit 1 of the mouse is correct, closer relatives of birds should show no expression in digit 1. Crocodylians are bird's closest living relatives. If we do not assume a frameshift, but rather that wing digits develop directly as 2,3 4, *HoxD-11* expression could be absent in digit 2 of the crocodylian forelimb. We cloned the *HoxD-11* gene from *Alligator* and observed expression by in situ hybridization. *HoxD-11* was absent only in digit 1 of the alligator, as assumed by the frameshift hypothesis. The comparative evidence suggests a homeotic frameshift of digits is mechanistically possible, but no experimental case has been previously demonstrated. By applying cyclopamine at stage 20 (which downregulates the gradient of Sonic Hedgehog signaling) a bidactyl wing develops that has lost the most posterior digit. By following the embryology of these experimental wings, we confirmed that the two remaining digits have shifted one position towards posterior, developing from embryological positions 3 and 4. This experiment confirms the mechanistic possibility of a homeotic frameshift, as previously inferred from evolutionary data.

I SIMPOSIO - PALEONTOLOGÍA EN CHILE - 2008

ANEXO

ÍNDICE DE AUTORES

A		Muñoz-Ramírez, C.	69
Arratia, G.	65	N	
B		Navarro, X.R.	128
Bobbe, R.	36	Nielsen, S.	49
C		O	
Canales, P.	128	Opazo, L.F.	172
Cárdenas, J.	51	Otero, R.A.	74, 78, 87, 122
Cisterna, M.	18	P	
Crisafulli, A.	144	Palma-Heldt, S.	10, 69
Croft, D.A.	91, 97	Pérez, E.	27
Charrier, R.	91,97	Pino, M.	57, 128, 154
Chávez, M.F.	116,128	Pinto, L.	97
F		Prieto, A.	131
Fallon, J.F.	174	R	
Flores, G.	10	Recabarren, O.P.	128
Flynn, J.J.	91,97	Reyes, R.	27
Fuentes, F.	163	Rondanelli-Reyes, M.J.	158
G		Rubilar, A.	3, 21, 33
Gaete, N.	163	Rubilar-Rogers, D.	21, 83, 87, 102, 109, 121, 122, 174
Gallardo, M.	128	S	
González, E.	128	Salvadores-Cerda, L.	128, 154
Gordillo, S.	51	Sallaberry, M.	109
Gutstein, C.S.	102	Sierpe, V.	131
H		Soto-Acuña, S.	102, 109, 122
Herbst, R.	143	Suárez, M.E.	74, 78, 102, 121
L		T	
Labarca, R.	131	Torres, T.	18, 147
León-Valdebenito, C.A.	158	Troncoso, A.	143
Llanos, A.	18	Twitchett, R.	172
Lutz, A.	144	V	
M		Vargas, A.O.	83, 174, 177
Manceñido, M.	39	Vega, R.	57
Mander, L.	172	W	
Martel-Cea, A.	57,128	Wagner, G.P.	177
Martínez-Guzmán, R.	151	Wyss, A.R.	91, 97
Martínez-Pardo, R.	151	Y	
Montero, I.	128	Yury-Yáñez, R.E.	102, 109, 122
Moreno, K.	13, 128, 154		
Mourgues, F.A.	21, 43		
Moyano, H.	69		
Mpodozis, J.	171, 174		