

Puesta en valor del material paleontológico del Museo de Historia Natural de Concepción proveniente de yacimientos fosilíferos de formación Quiriquina y formación Tubul

Katherine Cisterna C.*

RESUMEN: El Museo de Historia Natural de Concepción (MHNC) alberga una colección paleontológica compuesta por 451 ejemplares, representativa de la mayor parte de las formaciones geológicas de la Región del Biobío, en especial de las formaciones Tubul y Quiriquina. El interesante conjunto de especímenes de esta última que la institución conserva se debe principalmente al trabajo de campo de uno de sus directores, don Carlos Oliver Schneider (1899-1949). El objetivo del presente artículo es dar a conocer el valor de la colección, describiendo su contexto geológico y paleontológico, con foco en las formaciones Quiriquina y Tubul. Ambas son reconocidas mundialmente por existir allí registros de los bioeventos del límite Cretácico-Paleógeno y de fines del Cenozoico.

PALABRAS CLAVE: Museo de Historia Natural de Concepción, formación Quiriquina, formación Tubul, fósiles

ABSTRACT: The Natural History Museum of Concepción (MHNC) holds a paleontological collection that amounts to 451 specimens, which represents most of the geological formations of the Region of Biobío, especially the Tubul and the Quiriquina formations. The estimable set of specimens from the latter that the collection comprises is due mainly to the field work of Carlos Oliver Schneider (1899-1949). The objective of this article is to create awareness of the value of this collection, describing its geological and paleontological context with focus on Quiriquina and Tubul formations. Both are recognized worldwide for the bioevents of the Cretaceous-Paleogene boundary and the late Cenozoic.

KEYWORDS: Natural History Museum of Concepción, Quiriquina Formation, Tubul Formation, fossils

* Bióloga y licenciada en Biología de la Universidad de Concepción. Candidata a doctora en Sistemática y Biodiversidad, Universidad de Concepción. Diplomada en Docencia Universitaria y docente investigadora adjunta de la Universidad Andrés Bello. Su línea principal de investigación es la paleontología, especialmente en las áreas de paleobotánica y procesos tafonómicos. Además se desempeña como docente y guía del área biológico-química del colegio Terraustral Montessori.

Cómo citar este artículo (APA)

Cisterna, K. (2017). *Puesta en valor del material paleontológico del Museo de Historia Natural de Concepción proveniente de yacimientos fosilíferos de formación Quiriquina y formación Tubul*. Colecciones Digitales, Subdirección de Investigación Dibam. <http://www.museodehistorianaturaldeconcepcion.cl/640/w3-article-80396.html>

Antecedentes de la colección paleontológica del MHNC

El estudio del pasado natural de la Región del Biobío ha estado marcado por el esfuerzo incesante de una serie de naturalistas que dedicaron su vida entera no solo al desarrollo de disciplinas y métodos, especialmente en el área de las ciencias naturales, sino también a la creación de una institución encargada de custodiar el patrimonio de la ciudad de Concepción (Márquez, 2015). En esta línea, se atribuye al naturalista británico Edwin Reed una acción pionera: la creación, en 1902, del actual Museo de Historia Natural de Concepción (MHNC), para «la práctica de la ciencia» (Etcheverry, 1990). Posteriormente, el fortalecimiento de esta entidad durante la primera década del siglo XX se debió a la labor realizada por Carlos Oliver Schneider, científico, naturalista y director del museo entre 1925 y 1949, quien fue responsable del incremento sostenido del acervo de la institución a partir del año 1935.

Uno de los logros de Oliver fue la conformación de la mayor parte de la colección paleontológica del museo: a él se atribuye, de hecho, todo el conjunto correspondiente a la formación Quiriquina, al cual más adelante se sumarían piezas representativas de otras formaciones, como las de Tubul y Santa Juana, gracias a aportes de particulares y de la Universidad de Concepción.

En 2016 se ejecutó un proyecto Fodim¹ que comprendió trabajos de documentación, conservación y difusión de la Colección Fósiles del MHNC. En el marco de este, a finales de agosto de dicho año se efectuó el proceso de conservación preventiva –a cargo de una empresa externa– de 340 ejemplares de las formaciones Quiriquina y Tubul, con el objetivo de poner en valor este conjunto de piezas, considerado como un referente de la paleontología chilena. Recientemente, Nicolás Toledo, alumno de cuarto año de la carrera de Geología en la Universidad Andrés Bello, bajo la tutoría de una académica de la misma casa de estudios, realizó una pasantía en el museo con el fin de completar las tareas de registro e identificación de aquellos ejemplares no considerados dentro del proyecto, abarcando así las 451 piezas de la colección paleontológica.

Desde diciembre de 2016, la colección cuenta además con una exposición temporal, diseñada con la finalidad de incorporar a la museografía nuevos contenidos educativos sobre estas materias.

Este artículo se propone dar a conocer parte del patrimonio de la colección del MHNC y subrayar la importancia geológica y paleontológica que poseen

¹ Fondo para el Fortalecimiento del Desarrollo Institucional de Museos Regionales y Especializados Dibam, Subdirección de Museos.

las formaciones Quiriquina y Tubul, las cuales han concitado el interés científico mundial dado que sus rocas albergan parte de los bioeventos ocurridos durante el límite Cretácico-Paleógeno y fines del Cenozoico.

Marco geológico de la Región del Biobío

Antecedentes

La cuenca de Arauco está ubicada entre los 36°46' y 38°30' S, en un margen continental activo. Se dispone sobre la plataforma continental y está limitada hacia el oeste por el talud continental y hacia el este, por el rango costero. Abarca una extensión de 8000 km² y contiene más de 3000 m de sedimentos marino-continentales que datan del Cretácico Superior al Holoceno (González, 1989). La actual morfología de la cuenca de Arauco es el resultado de complejas relaciones entre la sedimentación y la tectónica, y su evolución puede ser descrita a partir de cuatro unidades tectonoestratigráficas: Cretácico Superior (Maastrichtiano), Paleoceno?-Eoceno, Mioceno Superior-Plioceno Inferior y Plio-Pleistoceno. Estas cuatro unidades descansan sobre rocas metamórficas paleozoicas de edad Silúrico-Carbonífero, las cuales se distribuyen en dirección nornoreste-sursuroeste principalmente en el sector occidental de la cordillera de Nahuelbuta y conforman la Serie Oriental al sur de los 38° S y la Serie Occidental, al norte de los 38° S (Hervé, 1988). Los cuerpos intrusivos pertenecientes al granitoide de Concepción intruyen las rocas metamórficas de la Serie Oriental, las cuales infrayacen en inconformidad a todas las unidades estratificadas más modernas (García, 1968). La Serie Oriental, en tanto, se encuentra en contacto por falla con el plutón de Hualpén, el cual corresponde a un cuerpo de composición monzogranítica, de dimensiones reducidas y con ausencia de xenolitos, que aflora al norte de la península de Hualpén y en forma dispersa en la península de Tumbes (Salazar, 2004).

A continuación se describen las unidades tectonoestratigráficas de la cuenca de Arauco:

(a) Cretácico Superior

Las rocas cretácicas se disponen en discordancia angular y de erosión a las filitas y esquistos del basamento metamórfico. Corresponden a la unidad geológica denominada «formación Quiriquina de edad Maastrichtiano Superior», la que está constituida por areniscas conglomerádicas, areniscas finas a medias y arcillolitas marinas, de color amarillo y verde. Esta formación aflora en los alrededores de la ciudad de Concepción en el sector de San Vicente,

los cerros El Conejo y San Martín, Hualpencillo, puente Perales, cerro Chacabuco, cerro Amarillo y en el sector de Santa Sabina (Salazar *et al.*, 2010). Su localidad tipo corresponde a bahía Las Tablas, en la isla Quiriquina, y su localidad paratipo, a playa Cocholgüe, en la comuna de Tomé.

(b) Paleoceno?-Eoceno

Estos sedimentos comprenden el Grupo Lebu (Wenzel *et al.*, 1975), los cuales corresponden a una secuencia sin-extensional (Kuhn *et al.*, 2010) en donde se presentan fases de sedimentación cíclica, con la formación de unidades con mantos de carbón asociados al miembro Lota y Colico de la formación Curanilahue, alternadas con depósitos marino-someros. (Wetzell *et al.*, 1975; González, 1989).

(c) Mioceno Superior-Plioceno Inferior

Estos depósitos pertenecen a la formación Ránquil y reflejan un importante evento de subsidencia del antearco (Encinas *et al.*, 2008). Como consecuencia de los movimientos epirogénicos de la fase tectónica posteoecénica, se produjo un sollevamiento afectado por una fuerte erosión, que es responsable del *hiatus* del Oligoceno (Pineda 1983).

(d) Plioceno-Pleistoceno

Corresponde a una de las secuencias más jóvenes y se atribuye a la formación Tubul. Está constituida por arcillolitas y areniscas glauconíticas cuarcíferas con intercalaciones de limolitas y areniscas de grano fino (González, 1989). La formación Tubul es de carácter extensional, pero a la vez coexiste con áreas alzadas y comprimidas (Kuhn *et al.*, 2010). En la península de Arauco, su desarrollo es de sin-compresión, asociado al crecimiento de la cordillera de Nahuelbuta como un anticlinal mayor de eje axial W-NW (Melnick *et al.*, 2009).

La cuenca sedimentaria Cretácico-Terciaria de Arauco

La cuenca Cretácico-Terciaria de Arauco se encuentra emplazada en la actual península de Arauco y en la plataforma continental correspondiente. Está caracterizada por una alternancia de secuencias sedimentarias marinas y continentales que se disponen sobre el basamento metamórfico en posición tectónica de antearco (Frutos, 1982).

La evolución paleogeográfica de esta serie sedimentaria estuvo caracterizada por transgresiones y regresiones sucesivas del mar, en una plataforma donde bloques estructurales diferencialmente levantados controlaron importantes cambios verticales y variaciones laterales de facies (Pineda, 1983). A

continuación se describen dos de las formaciones asociadas a las diferentes fases de sedimentación de la cuenca de Arauco: la formación Quiriquina y la formación Tubul. Ambas tienen una gran importancia regional –y en el caso de Quiriquina, también mundial– y corresponden a las formaciones de las cuales el MHNC posee mayor registro de especímenes fósiles.

El Cretácico Superior de la formación Quiriquina

La formación Quiriquina fue descrita por Biró (1982) y se extiende por la costa del océano Pacífico entre Algarrobo y la península de Arauco en la Región del Biobío. Su localidad tipo corresponde a bahía Las Tablas, en la isla Quiriquina, y aflora en ella en playa Las Tablas, playa Los Viejos (bahía de los Saurios o bahía de Steinmann) y playa Las Chilcas en el sector norte. En la bahía de Concepción está representada en playa Cocholgüe (localidad paratipo), Tomé, Punta de Parra y Lirquén. En el área urbana de Concepción aflora en San Vicente, cerro El Conejo, cerro San Martín, Hualpencillo, puente Perales, cerro Chacabuco, cerro Amarillo y en el sector de Santa Sabina (Salazar *et al.*, 2010).

A partir de la presencia de amonites, Biró (1982) asigna una edad para el Campaniano-Maastrichtiano a esta formación, sin embargo Stinnesbeck (1986) la restringe al Maastrichtiano, sobre la base de correlaciones estratigráficas.

La sección de bahía Las Tablas ha sido estudiada en detalle por Hünicken y Covacevich (1975), Biró (1982) y Stinnesbeck (1986). De base a techo se reconoce un conglomerado basal de 15 m de espesor con clastos de hasta 10 cm de diámetro, angulosos a bien redondeados, de filitas, esquistos y metaarenitas del complejo metamórfico que infrayace a la formación Quiriquina. Sobre dicho conglomerado, le siguen 6,5 m de areniscas amarillas con estratificación cruzada, intercalada con lentes conglomerádicos y presencia de invertebrados fósiles. En los siguientes 10 m se observa un cambio gradual de areniscas a limolitas glauconíticas, con intercalación de concentraciones esqueletales de invertebrados marinos de 5 a 20 cm de espesor, asociados a tempestitas depositadas en aguas someras. Los 35 m correspondientes a la parte superior de la formación Quiriquina se caracterizan por la presencia de limolitas verdes con niveles de concreciones calcáreo-arenosas y presencia de amonites (Stinnesbeck, 1986).

Desde el punto de vista estratigráfico, la formación Quiriquina corresponde a una secuencia sedimentaria de origen marino-costero y alcanza una



Figura 1. *Cardium acuticostatum* de formación Quiriquina. Bivalvo equilateral, equivalvas. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0365.

potencia de 65 m en su localidad tipo (Salazar, 2004). Stinnesbeck *et al.* (2003) proponen que los sedimentos de la formación Quiriquina constituyen una secuencia transgresiva con influencia de tormentas, depositada en un ambiente intermareal a submareal relativamente profundo.

Los perfiles expuestos en la bahía de Concepción se consideran como los más representativos debido a su contenido faunístico. Se pueden reconocer dos facies principales dentro de esta formación. Desde base a techo, los niveles de acumulaciones esqueletales pueden interpretarse como

tempestitas y la fauna asociada a estos niveles está representada por moluscos de la clase Bivalvia tales como *Pacitrignonia hanetiana* y *Cardium acuticostatum* (fig. 1), los cuales indican aguas de poca profundidad y de alta energía (D'Orbigny, 1847). La segunda facie se encuentra en la parte superior y está caracterizada por concreciones arenisco-calcáreas y limolitas glauconíticas, que pueden contener cefalópodos como *Eubaculites carinatus*. Además, se reconocen bivalvos como *Chlamys chilensis*, *Solariella unio* y restos vegetales bien preservados. La presencia de improntas de hoja y de glauconita junto con la abundancia de bivalvos comedores de detritos y concreciones de pirita, puede sugerir que la depositación habría ocurrido en un ambiente eutrófico con bajo nivel de oxígeno (Stinnesbeck *et al.*, 2003).

Principales grupos taxonómicos fósiles asociados a la formación Quiriquina

Esta unidad posee una diversidad de fauna y flora fósil asociada, incluyendo bivalvos, gastrópodos, cefalópodos, aves, reptiles marinos, peces, palinomorfos y madera fosilizada (Lambrecht, 1929; Broili, 1930; Doubinger, 1972; Stinnesbeck, 1986; Gasparini y Biró-Bagóczy, 1986; Förster y Stinnesbeck, 1987; Nishida *et al.*, 1990; Bandel y Stinnesbeck, 2000; Salazar, 2004; Muñoz *et al.*, 2007; Salazar *et al.*, 2010).

A continuación se describen los principales grupos:

(a) Invertebrados

Las revisiones sobre el ensamble de amonites realizadas por Stinnesbeck (1986) y Salazar *et al.* (2010) en la formación Quiriquina documentaron 30 especies en 17 géneros (fig. 2). La edad del Maastrichtiano Superior ha sido establecida sobre la base de la ocurrencia de *Hypophylloceras* (*Neophylloceras*) *surya*, *Zelandites varuna*, *Pachydiscus* (*P.*) *jacquoti*, *Diplomoceras cylindraceum*, *Baculites anceps*, *Eubaculites carinatus*, *Hoploscaphites constrictus* y *Menuites fresvillensis*, entre otros taxones guías (Stinnesbeck, 1996; Salazar *et al.*, 2010). Esta fauna es especialmente rica en filoceratidos y litoceratidos, que son muy raros en el Maastrichtiano de todo el mundo. Existen taxones como *Eubaculites carinatus* que se encuentran



Figura 2. *Pachydiscus* sp. proveniente de sedimentos de formación Quiriquina. Amonites involuto con sutura amonítica. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0165.



Figura 3. Gastrópodo de formación Quiriquina (*Tudicla* sp.). Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0388.

ausentes en las concreciones calcáreas de bahía Las Tablas y de otras secciones de la zona, aun en presencia de otros como *Diplomoceras cylindraceum*, *Hypophylloceras* (*Neophylloceras*) *ramosum*, *Hypophylloceras* (*Neophylloceras*) *surya* y *Hoploscaphites constrictus* (Stinnesbeck y Keller, 1996).

Existe evidencia sobre la presencia de bivalvos como *N. [Neilo] pencana*, *N. [N.] quiriquinae*, *Yoldia levites-tata*, *Nuculana cocholguei* y *Tellina largillierti*, los cuales indican aguas tranquilas y abundancia de materia orgánica.

En cuanto a los gastrópodos, estos se encuentran representados principalmente por los géneros *Tudicla* (fig. 3) y *Trochus*.

La colección del MHNC cuenta principalmente con fósiles de *Tudicla* (*Pyropsis*) *hombroniana*, *Baculites* sp., *Trigonia* sp., *Pacitrigonia hanetiana* (fig. 4), *Cardium acucostatatum*, *Mac-tra* sp. e *Isognomon* sp. (fig. 5), todos en muy buen estado de preservación.

Algunos de ellos forman parte de la exhibición permanente del museo.

(b) Icnofauna

En relación a la icnofauna, en los últimos 5 metros de esta formación hay presencia de los icnogéneros *Teichmus* y *Zoophycos*, este último particularmente abundante (Buatois y Encinas, 2010).

Se reconoce además la presencia de *Teredolites* (fig. 6) en maderas fósiles y bioturbación de *Gastrochaenolites* isp., *Ophiomorpha* isp. y *Thalassinoides* isp.

En el MHNC destaca la presencia de *Teredolites* en maderas petrificadas, posiblemente asociados a angiospermas.

(d) Vertebrados

Dentro de la formación Quiriquina existen representantes de tres grupos de reptiles: Testudines (tortugas), Squamata (mosasaurios) y Sauropterygia (plesiosaurios). Además, hay presencia de aves y peces cartilaginosos, representados principalmente por dientes de tiburones y rayas (Gay, 1848; Steinmann *et al.*, 1895).

Gasparini y Biró-Bagóczy (1986) estudiaron de manera sistemática restos de una mandíbula incompleta correspondiente al género *Osteopygis* Cope 1869, procedente de playa Lirquén, ubicada unos 10 km al norte de Concepción. Dado que este género fue establecido sobre la base de las consideraciones formuladas por Zangerl (1953), Otero (2015) sostiene que correspondería reasignar el material al género *Euclastes* Cope 1867. En consecuencia, no sería posible una determinación específica.

El registro más reciente de tortugas en la formación Quiriquina, publicado por Parham *et al.* (2014), describe un cráneo articulado –el cual incluye vómer, maxilar y premaxilar– recuperado de playa Cocholgüe, que los autores asignan al género *Euclastes*. La revisión de los grupos basales de Cheloniidae, en



Figura 4. *Pacitrigonia hanetiana*, formación Quiriquina. Bivalvo, valvas inequilaterales, ornamentado con costillas. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0126.



Figura 5. *Isognomon* sp. procedente de formación Quiriquina. Concha inequilateral de valvas alargadas. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0182.

conjunto con el hallazgo de este último ejemplar, revela un patrón emergente de la biogeografía de *Euclastes*, que dominó las localidades maastrichtianas hasta el límite K/Pg y eventualmente se extinguió al final del Paleoceno, a medida que se aceleraba la radiación de Cheloniidae más basales.

El orden Squamata está representado por el género *Clidastes gutierrezsi* Fritis 2000, sobre la base de una mandíbula inferior y varios dientes hallados en las localidades de Talcahuano y faro Carranza (Suárez y Marquard, 2003). A este registro se suma la presencia aislada de una vértebra dorsal de Mosasauridae indet. en la colección del MHNC, cuyo arco neural muestra un estado de erosión que impide una determinación más precisa.

Los reptiles marinos mejor representados en la formación Quiriquina son los plesiosaurios (fig. 7). De hecho, la mayor cantidad de hallazgos de especímenes del Cretácico Superior provienen de la isla Quiriquina y costas aledañas. También han sido recuperados restos de plesiosaurios en estratos de las localidades de Loanco (faro Carranza) y Pelluhue, Región del Maule, equivalentes a niveles medios y superiores de la formación Quiriquina, respectivamente (Otero *et al.*, 2014a). Estos han sido asignados a la familia Elasmosauridae, dentro de la cual se han detectado predominantemente aristonectínidos (Suárez *et al.*, 2003): se distinguen, entre otras características, por poseer cráneos relativamente grandes y cuellos largos pero con pocas vértebras en comparación con los elasmosáuridos «regulares», característicos del hemisferio norte (O’Gorman *et al.*, 2012; Otero y O’Gorman, 2013; Otero *et al.*, 2014c). Actualmente, el MHNC cuenta con piezas de plesiosaurios correspondientes principalmente a vértebras cervicales, dorsales, caudales y costillas provenientes de isla Quiriquina y del sector de Cocholgue (fig. 8). Se encuentran bien preservadas e inmersas en la mayoría de los casos en una matriz de arenisca glauconítica muy masiva, lo cual dificulta en cierto modo la preparación del material y, por ende, su asignación a algún género como tal. Aparentemente, parte del material correspondería a la familia Elasmosauridae, según lo sugiere la presencia de vértebras cervicales bilobadas. Existen algunos fragmen-



Figura 6. Trazas del xilófago *Teredo* en madera de angiosperma, formación Quiriquina. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0232.



Figura 7. Vértebra cervical de plesiosaurio en vista ventral. Bahía Las Tablas, formación Quiriquina. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0009.



Figura 8. Corte transversal de vértebra dorsal de plesiosaurio. Bahía Las Tablas, formación Quiriquina. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0002.

tos vertebrales con una cara aplanada ventralmente, más ancha que alta, rasgo que podría ser diagnóstico del género *Aristonectes* Cabrera 1941 (O'Gorman *et al.*, 2012).

Para el caso de las aves, se encuentra documentada la existencia de *Neogaeornis wetzeli* Lambrecht 1929, cuyo holotipo consiste en un tarso metatarso proveniente de niveles superiores de la formación Quiriquina, hallado en la bahía de San Vicente, península de Tumbes (Región del Biobío). Oliver Schneider (1940) menciona un segundo *Neogaeornis* exhumado en una localidad cercana a la bahía de San Vicente, sin embargo dicho material no habría sido bien descrito ni ilustrado y se desconoce su repositorio actual (Olson, 1992; Chávez, 2007).

En lo que respecta a los peces, los registros más abundantes en Chile corresponden a Chondrichthyes obtenidos en su mayoría de sedimentos maastrichtianos. Junto con los de Magallanes, los hallazgos efectuados en la Región del Biobío han permitido complementar el conocimiento de

este grupo en todo el ámbito de la provincia Weddelliana (Zinsmeister, 1979). Dentro de los elasmobranquios, Muñoz *et al.* (2008) registran para la bahía de Concepción alrededor de 13 familias de tiburones y algunas de rayas. Para el caso de tiburones, se registra la presencia de las familias Squalidae, Squatinidae, Orectolobidae, Ginglymostomatidae, Triakidae, Odontaspidae, Mitsukurinidae, Palaeospinacidae y las de los Batoideos Sclerorhynchidae, Rhinobatidae, Rhombodontidae, Dasyatidae, y Rhinopterae. En el nivel genérico, los más frecuentes son los tiburones *Carcharias* y *Scapanorhynchus*, mientras que en el específico, la denominada «raya sierra» *Ischyrrhiza chilensis* (Philippi), un esclerorrínquido endémico, indicador local del Maastrichtiano (Suárez y Marquardt, 2003).

(e) Flora

Los estudios sobre las paleofloras cretácicas de Chile han sido desarrollados principalmente por Troncoso y Romero (1998). Los autores definen 4 tafofloras representativas del Maastrichtiano de Sudamérica en Chile: Quiriquina en la Región del Biobío, Pichasca en la Región de Coquimbo y cerro Guido y río de las Chinas en la Región de Magallanes (Cisterna, 2014).

La formación Quiriquina ha sido asignada a una paleoflora del tipo neotropical cretácica con *Nothofagus* marginal, en donde destacan dos elementos principales: la abundancia relativa de polen de *Nothofagidites* en valores menores al 10% y la presencia de taxones asignados a familias de origen neotropical (Menéndez y Caccavari, 1975; Markgraf *et al.*, 1996; Troncoso y Romero, 1998). En sus estratos se ha constatado la presencia de angiospermas como gunneráceas, sapindáceas (*Cupaneidites*), lorantáceas (*Syndemicolpites petriellai*), sapotáceas, lauráceas y monimiáceas. También ha sido reportada la presencia de un grano de polen de *Nothofagidites* (Doubinger, 1972) y, dentro de las monocotiledóneas, polen de las familias Liliaceae e Iridaceae, y de palmeras como *Psilamonocolpites medius*. Las pteridófitas están representadas por polipodiáceas, ciatáceas, polipodiales, matoniáceas y dicksoniáceas. Para el caso de las gimnospermas, se ha descrito la presencia de morfoespecies polínicas de *Podocarpidites marwickii* y *Araucariacites australis*, así como maderas fósiles de *Araucarioxylon pluriresinosum*, *A. resinosum* y *A. pseudoparen-* (Takahashi, 1977a; Nishida *et al.*, 1984a, 1984b, 1988c; Nishida y Nishida, 1987; Leppe *et al.*, 1997).

Importancia de la formación Quiriquina

La relevancia de esta formación en el contexto mundial radica en que su estudio ha aportado nuevos antecedentes sobre el bioevento de límite K/Pg (Cretácico-Paleógeno), por cuanto alberga una fauna muy diversa tanto de invertebrados como vertebrados. Diversos autores han establecido que los amonites de la formación Quiriquina presentan afinidades con importantes faunas del sur de Europa y de la región indopacífica –por ejemplo, de India, Australia y Antártica– (Stinnesbeck, 1986 y 1996). La abundancia de estos moluscos es muy característica durante el Mesozoico, mientras que su desaparición se ha asociado al evento de extinción masiva del límite Cretácico-Paleógeno (Stinnesbeck *et al.*, 2012); esta hipótesis, sin embargo, ha sido muy discutida, puesto que existe evidencia de que pudo ser gradual

y no masiva, extendiéndose por miles de años a fines del Maastrichtiano e incluso hasta comienzos del Paleoceno (Wiedmann, 1988; Kennedy, 1989; Landman *et al.*, 2007). En la formación Quiriquina, la desaparición del grupo de los amonites parece ser gradual en sus últimos 10 m, a diferencia de los registros que se tienen, por ejemplo, del Maastrichtiano de isla Seymour en la Antártica, donde existen evidencias de una reducción repentina de la población de amonites debido al alto contenido de iridio detectado en las rocas que albergaban esta fauna, como consecuencia del impacto de un meteorito según la hipótesis de Álvarez y Álvarez (Witts *et al.* 2015).

Otro aspecto de esta formación que merece ser destacado es su flora, la cual conforma una asociación mixta y muestra afinidades con las floras templadas de la Antártica y de la región ecuatorial del continente sudamericano (Leppe *et al.*, 2012).

El Plio-Pleistoceno de la formación Tubul

La formación Tubul fue descrita primeramente por Feruglio (1949), quien caracteriza estos sedimentos como areniscas grisáceas medias a finas, con diverso contenido fósil y abundante materia orgánica. Su sección tipo aflora en la desembocadura sur del río Tubul, en forma de abruptos farellones que caen directamente al mar y que alcanzan los 100 m de espesor (Pineda, 1983); en la costa del golfo de Arauco, entre punta Pichicui y Las Peñas (desembocadura norte del río Raqui); y, esporádicamente, en el lomaje cercano a la costa en el camino que une las localidades de Las Peñas y Arauco (Pineda, 1986). Corresponde a depósitos marino-someros locales asociados a *horst* y *graben*.

La cuenca de Arauco ha sufrido diversos episodios de alzamiento y subsistencia tectónica, generando transgresiones y regresiones marinas, además de cambios de facies tanto laterales como verticales (Pineda, 1983). Sobreyace en discordancia angular a las formaciones del Mioceno y Eoceno, e infrayace a los depósitos del Pleistoceno y Holoceno.

Martínez y Osorio (1968) atribuyen a esta formación una edad del Plioceno Temprano, basándose en 6 foraminíferos plantónicos y 9 bentónicos, los cuales sugieren un ambiente de aguas relativamente profundas y vinculadas con plataforma externa, próximas a 10° C y de mar abierto, en estrecha concordancia con lo establecido por las formas plantónicas. Tavera (1991) coincide en asignar los afloramientos de los farellones costeros del sector de Tubul también al Plioceno temprano, de acuerdo con la macrofauna encontrada y definiendo al menos 6 biozonas, con un espesor cercano a los 90 m.

Nielsen y Valdovinos (2008), en cambio, sitúan la formación Tubul en el Pleistoceno Temprano, a partir de análisis con isótopos de estroncio provenientes de las valvas de *Zygochlamys patagonica*, datos que, según los autores, no han sido publicados. La edad que proponen concuerda con los estudios realizados por Rojas y Marchant (2000), sobre la base del foraminífero *Shaeroidinella dehiscens*.

Principales grupos taxonómicos fósiles asociados a la formación Tubul

Uno de los estudios más completos sobre los macrofósiles de esta unidad es el de Nielsen y Valdovinos (2008). El trabajo describe los moluscos fósiles de la colección del Departamento de Geología de la Universidad de Concepción, colectados por el profesor Lajos Biró. Los ejemplares –correspondientes a bivalvos y gastrópodos–, provienen de estratos de playa Las Peñas, al sur de la localidad de Tubul.

La fauna Plio-Pleistocénica del norte de Chile presenta una composición diferente a la de la formación Tubul, que contiene abundantes *Trochoidea*, *Fissurella*, *Turritella*, *Crucibulum*, *Trochita*, *Crepidula*, diferentes especies de *Naticidae* (incluyendo *Sinum cymba*), *Argobuccinum*, *Nassarius*, *Acanthina*, *Chorus* y *Oliva peruviana* (Herm, 1969; DeVries, 1997 y 2003), los que representan la fauna actual del norte de Chile. Tubul posee una fauna típica de fondos blandos y de aguas ligeramente más profundas.

A continuación se describe la macro y microfauna más representativa.

(a) Invertebrados

Estos afloramientos constituyen, principalmente, fósiles de las clases Bivalvia y Gastropoda. Las especies más representativas de la primera corresponden a *Tindariopsis sulculata* Gould, 1852, *Zygochlamys patagonica* King y Broderip, 1832 (fig. 9), *Cyclocardia velutinus* Smith, 1881, *Ensis macha* Molina, 1782, *Retrotapes exalbidus* Dillwyn, 1817 y el género *Mytilus* Linnaeus, 1758 (fig. 10). *R. exalbidus* y *Z. patagonica* se encuentran formando concentraciones de diverso espesor y también variando lateralmente a lo largo de los acantilados de playa Las Peñas en lo que es parte de la formación Tubul (Cisterna *et al.*, 2016).



Figura 9. *Mytilus* de formación Tubul. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0293.



Figura 10. *Zygoclanys patagónica*. Pectínido. Valvas equivalvas, aproximadamente equilaterales, ortógiro. Formación Tubul. Colección Fósiles, Museo de Historia Natural de Concepción, n° inv. 26.0099.

Para el caso de la clase Gastropoda, las especies más representativas corresponden a *Sassia leucostomoides* Sowerby, 1846, *Chorus giganteus* Lesson, 1830 y *Polinices (Euspira) guamblinensis* Frassinetti y Covacevich, 1995.

También existen registros de la clase Scaphopoda, representado por el género *Dentalium* Linnaeus 1758, y de braquiópodos del orden Terebratulida, sobre los cuales no existe mayor información.

El MHNC cuenta principalmente con ejemplares de bivalvos como *Retrotapes exalbidus* Dillwyn, 1817, con perforaciones del icnogénero *Oichnus*, y otros del género *Tindariopsis*, donados por el Departamento de Geología de la Universidad de Concepción.

Importancia de la formación Tubul

La formación Tubul es considerada una de las más recientes en la región. De hecho, los fósiles marinos asociados a ella son similares a las especies marinas actuales, principalmente a bivalvos y gastrópodos. La composición de la fauna del Plio-Pleistoceno del norte de Chile es diferente a la de la formación Tubul.

Conclusión

Las formaciones Quiriquina y Tubul han concitado el interés de muchos investigadores debido a la riqueza paleontológica que albergan y a los eventos geológicos asociados a la cuenca de Arauco. La producción científica en torno

a ellas ha permitido establecer que se trata de unidades representantes de los bioeventos ocurridos en el Cretácico-Paleógeno y a inicios del Pleistoceno, que presentan diferencias y peculiaridades significativas frente a formaciones coetáneas de otros lugares del mundo. Los numerosos trabajos realizados por científicos tanto chilenos como extranjeros, abarcando un amplio rango de enfoques –macrofauna y macroflora fósil, análisis paleopalínológico de microfósiles, foraminíferos plantónicos y bentónicos, etc.–, reflejan la importancia que estas formaciones tienen en el plano mundial. A la vez, refuerzan la necesidad de darlas a conocer y de resguardar el patrimonio natural que constituyen.

La colección paleontológica del MHNC reúne fósiles bien preservados de la mayor parte de la cuenca sedimentaria cretácico-terciaria de Arauco, por lo que constituye una muestra representativa no solo de las formaciones expuestas en este artículo, sino de las que conforman el Grupo Lebu en general. Actualmente, la colección está siendo examinada por investigadores y estudiantes de la Universidad Andrés Bello, quienes han colaborado en la revisión de la taxonomía de los ejemplares. En virtud de este y de anteriores proyectos de puesta en valor de los que ha sido objeto, se espera que pueda ser difundida al público por medio de exposiciones permanentes y/o temporales, y que sirva como fuente de información para futuras investigaciones del ámbito paleontológico.

Referencias

- Bandel, K. y Stinnesbeck, W., (2000). Gastropods of the Quiriquina Formation (Maastrichtian) in Central Chile: paleobiogeographic relationships and the description of a few new taxa. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, Teil I 1999, 757-788.
- Biró, L. (1982). Revisión y redefinición de los «Estratos de Quiriquina», Campaniano-Maastrichtiano, en su localidad tipo en la isla Quiriquina, 36° 35' Lat. S, Chile, Sudamérica, con un perfil complementario en Cocholgue. *Actas III Congreso Geológico Chileno*, Concepción, A 29-64.
- Broili, F. (1930). Plesiosaurierreste von der Insel Quiriquina. *Neues Jahrbuch für Mineralogie und Geologie Paläontologie Beilage-Band*, 63(B), 497-514.
- Buatois L. y Encinas, A. (2011). Ichnology, sequence stratigraphy and depositional evolution of an Upper Cretaceous rocky shoreline in central Chile: Bioerosion structures in a transgressed metamorphic basement. *Cretaceous Research*, 32 (b), 203-212.

- Chávez, M., Stucchi, M. y 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.
- Cisterna, K. (2014). *Estudio paleo-palinológico de las tafofloras maastrichtianas de Cerro Guido, Río de las Chinas y Dumestre, ciudad de Puerto Natales, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena*. (Memoria de Título, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile).
- Cisterna, K., Fernández, I. y Muñoz, F. (2016). Análisis tafonómico preliminar de las concentraciones de moluscos fósiles en depósitos de la Formación Tubul, Plio-Pleistoceno, región del Biobío, Chile. *Actas V Simposio de Paleontología en Chile, Concepción*, 79-81.
- Etcheverry, M. (1990). Índice de las publicaciones del Museo Regional de Concepción. *Revista Chilena de Historia Natural*, 63, 119-124.
- D'Orbigny, A. (1847). Histoire du voyage. En Dumont D'Urville, M. J., *Voyage au Pol Sud et dans l'Océanie sur les Corvettes l'Astolabe et la Zéléé (1838-1840)*. París.
- Doubinger, J. (1972). Evolution de la flore (pollen et spores) au Chili Central (Arauco), du Cretacé Superieur au Miocène. *Société de Biogéographie*, 18-25.
- Förster, R. y Stinnesbeck, W. (1987). Zwei neue Krebse, *Callianassa saetosa* n. sp. und *Homolopsis chilensis* n. sp. (Crustacea, Decapoda) aus der Oberkreide Zentral-Chiles. *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie*, 27, 51-65.
- Frutos, J. (1982). *Prospección de aguas subterráneas en la Isla Quiriquina*. Departamento de Geociencias, Universidad de Concepción.
- García, F. (1968). Estratigrafía del Terciario de Chile Central. En Cecioni, G. (Ed.), *Terciario de Chile* (pp. 25-56). Sociedad Geológica de Chile.
- Gasparini, Z. y Biró-Bagóczy, L. (1986). *Osteopygis* sp. (Reptilia, Testudines, Toxochelyidae), tortuga fósil de la Formación Quiriquina, Cretácico Superior, Sur de Chile. *Revista Geológica de Chile*, 27, 85-90.
- Gay, C. (1848). *Historia física y política de Chile. Zoología, tomo segundo*. París: Imprenta Maulde y Renou.
- González, E. (1989). Hydrocarbon resources in the coastal zone of Chile. En Ericksen, G. et al. (Eds), *Geology of the Andes and Its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources* (pp. 383-404). Circum-Pac. Council. for Energy and Miner. Resour., Houston, Tex.
- Herm, D. (1969). Marines Pliozän und Pleistozän in Nord- und Mittel-Chile

- unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. *Zitteliana*, 2, 1-187.
- Herve, F., Munizaga, F., Parada, M., Brook, M., Pankhurst, R., Spelling, N. y Drake, R. (1988). Granitoids of the coast range of central Chile: Geochronology and geologic setting. *Journal of South American Earth Sciences*, 1(2), 185-194. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(88\)90036-3](https://doi.org/10.1016/0895-9811(88)90036-3)
- Hunicken, M. y Covacevic, V. (1975). Baculitidae en el Cretácico Superior de la Isla Quiriquina, Chile y consideraciones paleontológicas y estratigráficas. *I Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 2, 141-172.
- Kennedy, W. (1989). Thoughts on the evolution and extinction of Cretaceous ammonites. *Proceedings of the Geologists' Association*, 100, 251-279.
- Kuhn, P., Echtler, H., Littke, R. y Alfaro, G. (2010). Thermal basin modelling of the Araucoforearc basin, south central Chile - Heat flow and active margin tectonics. *Tectonophysics*, 495(1-2), 111-128. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.07.026>
- Lambrecht, K. (1929). *Neogeorniswetzeli* n. gen. n. sp., der erste Kreidevogel der südlichen Hemisphäre. *Paläontologische Zeitschrift*, 11, 121-129.
- Landman, N., Johnson, R., Garb, M., Edwards, L. y Kyte, F. (2007). Cephalopods from the Cretaceous/Tertiary boundary interval on the Atlantic Coastal Plain, with a description of the highest ammonite zones in North America. Part III. Manasquan River Basin, Monmouth County, New Jersey. *Bulletin of American Museum of Natural History*, 303, 1-122.
- Lepele, M., Mihoc, M., Varela, N., Stinnesbeck, W., Mansilla, H., Bierma, H., Cisterna, K., Frey, E. y Jujihara, T. (2012). Evolution of the Austral-Antarctic flora during the Cretaceous: New insights from a paleobiogeographic perspective. *Revista Chilena de Historia Natural*, 85, 369-392.
- Lepele, M., Ruiz, K. y Palma-Heldt, S. (1997). Chilean record of *Araucaria-Nothofagus-Podocarpus* association since Tertiary to Recent. *Noticiero de Biología*, 5, 243.
- Marchant, M. (1989-1990). Bibliografía micropaleontológica de Chile, Foraminíferos del Terciario. *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales*, 19(1), 67-80.
- Markgraf, V., Romero E. y Villagrán, C. (1996). History and paleoecology of South American Nothofagus forest. En Veblen, T., Hill, R. y Read, J. (eds.), *The ecology and biogeography of Nothofagus forests* (pp. 354-385). Yale University Press, New Haven, USA.
- Márquez, B. (2015). *Carlos Oliver Schneider, naturalista e historiador de Concepción*. Concepción, Chile: Ediciones del Archivo Histórico de Concepción.

- Martínez, R. y Osorio, R. (1968). Foraminíferos pliocénicos de Chile Central. II. Edad y Paleoecología de la Formación Tubul. En Cecioni, G. (Ed.), *Terciario de Chile* (pp. 115-164). Sociedad Geológica de Chile.
- Melnick, D., Bookhagen, B., Strecker, M. y Echtler, H. (2009). Segmentation of megathrust rupture zones from fore-arc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco peninsula, Chile. *Journal of Geophysical Research*, 114 (B01407), <https://doi.org/10.1029/2008jb005788>
- Menéndez, C. y Caccavari de Felice, M. (1975). Las especies de *Nothofagidites* (polen fósil de *Nothofagus*) de sedimentos Terciarios y Cretácicos de Estancia La Sara, Norte de Tierra del Fuego, Argentina. *Ameghiniana*, 12, 165-183.
- Muñoz, C., Zambrano, P., Montoya, G. y Moyano, H. (2007). Dientes de tiburones y rayas (Chondrichthyes, Elasmobranchii) de la Formación Quiriquina aflorante en Talcahuano, Chile Central. *Boletín de la Sociedad Biológica de Concepción*, 78, 7-22.
- Nishida, M. (1984a). The anatomy and affinities of the petrified plant from the Tertiary of Chile. II Araucarioxylon from Quiriquina Island, near Concepción. En M. Nishida (ed.), *Contributions to the Botany in the Andes I* (pp. 86-90). Tokyo. Academic Science Book.
- Nishida, M. (1984b). The anatomy and affinities. IV Dicotyledonous wood from Quiriquina Island, near Concepción. En Nishida M. (ed.), *Contributions to the Botany in the Andes I* (pp. 111-121). Tokyo: Academic Science Book.
- Nishida, M. y Nishida, H. (1987). Petrified woods from the Upper Cretaceous of Quiriquina Island, near Concepción, Chile. En Nishida M. (ed.), *Contribution to the botany in the Andes II* (pp. 5-11). Tokyo: Academic Scientific Book.
- Nishida, M., Oshawa, T. y Nishida, H. (1990). Anatomy and affinities of the petrified plants from the Tertiary of Chile (VI). *Botanical Magazine Tokio*, 103, 255-268.
- Nishida, M. y Rancusi, M. (1988c). Notes on the petrified plant from Chile. *Journal of Japanese Botany*, 63(2), 39-48.
- O’Gorman, J. y Gasparini, Z. (2013). Revision of *Sulcusuchuserraini* (Sauropterygia, Polycotyliidae) from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Alcheringa*, 37, 163-176.
- O’Gorman, J., Gasparini, Z. y Salgado, L. (2012). Postcranial morphology of *Aristonectes* Cabrera, 1941 (Plesiosauria, Elasmosauridae) from the Upper Cretaceous of Patagonia and Antarctica. *Antarctic Science*, 25, 71-82.

- Oliver Schneider, C. (1940). La fauna fósil de Hualpén. *Revista Chilena de Historia Natural Pura y Aplicada*, 44, 49-54.
- Olson, S. (1985). The fossil record of birds. En D. Farner, King, J. y Kenneth, P. (eds.), *Avian Biology*. Orlando: Academic Press.
- Olson, S. (1992) *Neogaeorniswetzeli*. Lambrecht, a Cretaceous loon from Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 12, 122-124.
- Otero, R. y O’Gorman, J. (2013). Identification of the first postcranial skeleton of *Aristonectes Cabrera* (Plesiosauroidea, Elasmosauridae) from the upper Maastrichtian of the south-eastern Pacific, based on a bivariate-graphic method. *Cretaceous Research*, 41, 86-89.
- Otero, R., Soto-Acuña, S., Vargas, A. y Rubilar, D. (2014). A postcranial skeleton of a non-aristonectine plesiosaur (Elasmosauridae) from the Upper Cretaceous of central Chile, with taxonomical comments about the hypodigm of the historical species *Cimoliasaurus andium* Deecke. *Cretaceous Research*, 50, 318-331.
- Otero, R. (2015). Tortugas fósiles en Chile (Testudines): Primeras perspectivas de un registro aún escaso. En Rubilar, D., Otero, R., Vargas, A. y Sallaberry, M. (eds.). Publicación ocasional del Museo de Historia Natural de Chile N° 63/2015, 189-207. Chile, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.
- Parham J., Otero, R. y Suárez, M. (2010). A sea turtle skull from the Cretaceous of Chile with comments on the taxonomy and biogeography of *Euclastes* (formerly *Osteopygis*). *Cretaceous Research*, 49, 181-189.
- Pineda, V. (1983). Evolución paleogeográfica de la Cuenca Sedimentaria Cretácico-Terciaria de Arauco. En Frutos, J., Oyarzún, R. y Pincheira, M. (eds.), *Geología y recursos minerales de Chile*. Concepción, Chile: Editorial de la Universidad de Concepción.
- Rojas, C. y Marchant M. (2000). *Edad y paleoecología de la secuencia basal de la Formación Tubul, Plioceno de Arauco mediante el análisis de foraminíferos*. IX Congreso Geológico Chileno. Puerto Varas, Chile.
- Salazar, C. (2004). *Ammonites del Maastrichtiano de la Formación Quiriquina, VIII Región del Bío-Bío, Chile: sistemática, bioestratigrafía y afinidades paleobiogeográficas*. (Memoria de título inédita). Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra.
- Salazar C., Stinnesbeck W. y Quinzio-Sinn L. (2010). Quiriquina Formation in central Chile. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 257(2), 181-236.
- Steinmann, G., Deecke, W. y Möricke, W. (1895). Das Alter und die Fauna der Quiriquina-Schichten in Chile. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*

- Geologie und Paleontologie*, 63, 497-514.
- Stinnesbeck, W. (1986). Zu den faunistischen und palökologischen Verhältnissen in der Quiriquina Formation (Maastrichtium) Zentral-Chiles. *Palaeontographica*, 194(A), 99-237.
- Stinnesbeck, W., Ifrim, C. y Salazar, C. (2012). The last Cretaceous ammonites in Latin America. *Acta Paleontologica Polonica*, 57, 717-728.
- Stinnesbeck, W. y Keller, G. (1996). Environmental changes across the Cretaceous-Tertiary boundary in northeastern Brazil. En McLeod, N. y Keller, G. (eds.), *Cretaceous-Tertiary Mass Extinctions: Biotic and Environmental Changes* (451-469). New York: Norton & Co.
- Stinnesbeck, W., Quinzio, A., Bonilla, R. y Salazar, C. (2003). *La Formación Quiriquina en su localidad tipo, Isla Quiriquina. Guía de Excursiones intracongreso*. Congreso Geológico Chileno, (10). Concepción.
- Suárez, M. y Marquardt, C. (2003). Revisión preliminar de las faunas de peces elasmobranquios del Mesozoico y Cenozoico de Chile. En *Congreso Geológico Chileno*. Concepción, 9.
- Suárez, M., Quinzio, L., Fritis, O. y Bonilla, R. (2003). Aportes al conocimiento de los vertebrados marinos de la Formación Quiriquina. En *Actas X Congreso Geológico Chileno*. Concepción, 7.
- Takahashi, K. (1977). Upper Cretaceous palinoflora from Quiriquina Island, Chile. *Bulletin of the Faculty of Liberal Arts Nagasaki University*, 17, 29-53.
- Tavera, J. (1991). Contribución al estudio de la fauna de la Formación Navidad (estratotipos) lat 30° 51', Arauco lat. 41° 40', Informe Técnico 562 T233 1991. Universidad de Chile, Departamento de Geología, Santiago.
- Troncoso, A. y Romero, E. J. (1998). Evolución de las comunidades florísticas en el extremo Sur de Sudamérica durante el Cenofítico en Simposio de «Paleobotánica y Palinología» del 6° Congreso Latinoamericano de Botánica. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 68, 149-172.
- DeVries, T. J. (1997). A review of the genus *Chorus* Gray, 1847 (Gastropoda: Muricidae) from western South America. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, 30, 125-145.
- DeVries, T. J. (2003). *Acanthina* Fischer von Waldheim, 1807 (Gastropoda: Muricidae), an ocenebrine genus endemic to South America. *The Veliger*, 46, 332-350.
- Wenzel, O. (1972). Geología y reservas del yacimiento carbonífero de Lebu, Empresa Nacional del Carbón S.A. (inédito).
- Wiedmann J. (1988). Ammonoid extinction and the «Cretaceous-Tertiary

- Boundary Event». En: Wiedmann, J. y Kullmann, J. (eds.), *Cephalopods. Present and Past* (pp. 117–140). Stuttgart: Schweizerbart.
- Witts J., Bowman, V., Wignall, P., Crame, J., Francis, J. y Newton, R. (2015). Evolution and extinction of Maastrichtian (Late Cretaceous) cephalopods from the López de Bertodano Formation, Seymour Island, Antarctica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 418, 193-212.
- Zangerl, R. (1953). The vertebrate fauna of the Selma Formation of Alabama. Part 3. The turtles of the family Protostegidae. Part 4. The turtles of the family Toxochelyidae. *Fieldiana Geology Memoirs*, 3(3-4), 61-277.
- Zinsmeister, W. (1979). Biogeographic significance of the Late Mesozoic and Early Tertiary molluscan faunas of Seymour Island (Antarctic Peninsula) to the final breakup of Gondwanaland. En Gray, J. y Boucot, A. (eds), *Historical biogeography, plate tectonics, and the changing environment* (pp. 349-355). Proceedings of the Annual Biological Colloquium and Selected Paper 37; Oregon State University Press (Corvallis).