

ISSN 1514-4186

**INSTITUTO SUPERIOR DE CORRELACIÓN GEOLÓGICA
(INSUGEO)**

El Neógeno de Argentina

Editores:

F. G. Aceñolaza
INSUGEO - Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo
Universidad Nacional de Tucumán
Miguel Lillo 205, 4000 Tucumán, Argentina

y

R. Herbst
INSUGEO - Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo
Universidad Nacional de Tucumán
Miguel Lillo 205, 4000 Tucumán, Argentina

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo
Universidad Nacional de Tucumán
2000

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Universidad Nacional de Tucumán
Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO)

Director

Dr. Florencio G. Aceñolaza

Directores Alternos

Dr. Alejandro Toselli

Dr. Alfredo Tineo

Consejo Editorial

Dr. Florencio Aceñolaza

Dr. Guillermo Aceñolaza

Dr. Luis Buatois

Dra. Susana Esteban

Dr. Juan Carlos Gutiérrez Marco (España)

Dr. Rafael Herbst

Dr. Roberto Lech

Dra. María Gabriela Mángano

Dr. Hübert Miller (Alemania)

Dra. Isabel Rábano (España)

Dra. Juana Rossi de Toselli

Dr. Julio Saavedra Alonso (España)

Dr. Alcides N. Sial (Brasil)

Dr. Alfredo Tinello

Dr. Alejandro Toselli

Dr. Franco Tortello

Instituto Superior de Correlación Geológica

Miguel Lillo 205

4000 - San Miguel de Tucumán

REPÚBLICA ARGENTINA

e-mail: insugeo@unt.edu.ar

Tapa: Cartera Cristamine, Aldea Brasileira, Entre Ríos, afloramientos de Formación Paraná, donde se explotan niveles de arenas medianosas.

Indice

Prólogo	7
Aceñolaza, F. G. La Formación Paraná (Mioceno Medio): estratigrafía, distribución regional y unidades equivalentes.	9
Marengo, H. G. Rasgos micropaleontológicos de los depósitos de la transgresión Entrerriense-Paranense en la Cuenca Chaco-Paranense y Noroeste Argentino, República Argentina.	29
Sprechman, P., Fernando, L. A. y Martínez, S. Estado actual de los conocimientos sobre la Formación Camacho (Mioceno?-Superior?), Uruguay.	47
Zucol, A. y Brea, M. Análisis fitolítico de la Formación Paraná en la Provincia de Entre Ríos.	67
Del Río, C. Malacofauna de las formaciones Paraná y Puerto Madryn (Mioceno marino, Argentina): su origen, composición y significado bioestratigráfico.	77
Barreda, V. y Palamarczuck, S. Estudio palinoestratigráfico del Oligoceno tardío-Mioceno en secciones de la costa patagónica y plataforma continental argentina.	103
Fernández Garrasino, C. y Vrba, Ana. La Formación Paraná: aspectos estratigráficos y estructurales de la región chacoparanense.	139
Lech, R., Aceñolaza, F. y Grizinik, M. Icnofacies <i>Skolithos-Ophiomorpha</i> en el Neogeno del Valle inferior del Río Chubut, provincia de Chubut, Argentina.	147
Alonso, R. El Terciario de la Puna en tiempos de la ingresión marina paranense.	163
Herbst, R. La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigrafía y distribución.	181
Cione, A. L., Azpelicueta, M. M., Bond, M., Carlini, A. A., Casciotta, J. R., Cozzuol, M. A., de la Fuente, M., Gasparini, Z., Goin, F. J., Noriega, J., Scillato-Yané, G. J., Zoibelzon, L., Tonni, E. P., Verzi, D. y Vucetich, M. G. Miocene vertebrates from Entre Ríos province, Argentine.	191
Argañaraz, B. y Piña, C. Quelonios de la Formación Ituzaingó (Mioceno superior-Plioceno), en Villa Urquiza, Entre Ríos, Argentina.	239

Brea, M. y Zucol, A. Lignoflora del Cenozoico superior del Noroeste Argentino.	245
Piña, C. y Argañaraz, B. Presencia del género <i>Caiman</i> (Crocodylia: Alligatoridae) en la Formación Ituzaingó (Mioceno Superior Plioceno), Entre Ríos, Argentina	255
Herbst, R., Anzótegui, L. M., Estéban, G. Mautino, L. R., Morton, S. y Nasif, N. Síntesis paleontológica del Mioceno de los valles Calchaquies, noroeste argentino.	263
Instrucciones a los autores	289

Prólogo

Los depósitos del Neógeno tienen una muy amplia distribución en el territorio argentino, pudiendo decirse que el debate de sus componentes desde una visión integradora regional recién está comenzando. Ocurre que quienes han abordado el estudio de esta parte de la columna geológica normalmente lo han hecho desde la óptica de cada especialidad motivo por el cual muchas veces se han brindado conceptos o interpretaciones distorsionadas.

Con el objeto de iniciar un debate sobre este tema, en noviembre de 1999 llevamos adelante una reunión de expertos en el Centro de Investigaciones del CONICET radicado en la ciudad de Diamante (Entre Ríos). Para ello se hizo adelante un análisis comparativo y de correlación geológica tomando en consideración los sedimentos marinos y continentales que afloran en la región mesopotámica y del Uruguay.

A partir de allí, con los trabajos expuestos más otros que fueron invitados, iniciamos la tarea de compilar una serie de artículos destinados a compatibilizar las ideas sobre esta temática. El resultado queda expuesto en la presente obra y, naturalmente, los lectores encontrarán muchos puntos de concordancia pero también de discrepancia entre los autores, situación que no nos alarma ya que interpretamos que ello servirá como punto de partida para nuevas discusiones y debates. Desde luego también, que los artículos aquí presentados de ninguna manera agotan ni los temas ni las opiniones.

La obra comprende trabajos referidos a la geología regional, paleontología y paleoambientes sobre las formaciones Paraná e Ituzaingó, ambas objeto del debate mencionado.

Como interesante ejemplo no queremos dejar pasar por alto la circunstancia que la International Stratigraphic Commission (ISC) y la International Union of Geological Sciences (IUGS), luego de varios años de debate, ambiciosamente definieron la Global Stratigraphic Section and Point (GSSP) en el metro 35 de la sección de Lemme-Carosio, en la provincia de Alessandria, cuenca del Pimonte en el norte de Italia. Allí no solo se fijaron las pautas bioestratigráficas sino que también las resultantes de la magnetoestratigrafía y geología isotópica (Steininger et al, 1997). Asimismo, entre los criterios están, por un lado, los que surgen de la información del nannoplacton y foraminíferos, sino que se los vincula con los que proporcionan los vertebrados terrestres, y estudios isotópicos. La precisión lograda en tan arduos debates permitieron lograr, para el continente europeo un alto grado de certidumbre que luego expandieron hacia Asia y Norteamérica.

El ejemplo del Neógeno holártico, debería ser un desafío para comenzar una tarea similar en el hemisferio sur, que permita calibrar en un futuro no muy lejano nuestras secuencias sedimentarias junto a las de Antártida, Australia y África, con aquellas. Es nuestra esperanza que lo expuesto en esta obra sea un comienzo y sirva para potenciar el interés de los colegas para lograrlo.

F. G. Aceñolaza y R. Herbst
Editores

La Formación Paraná (Mioceno medio) : estratigrafía, distribución regional y unidades equivalentes.

Florencio G. ACEÑOLAZA¹

Abstract. THE PARANÁ FORMATION (MIDDLE MIOCENE), STRATIGRAPHY AND REGIONAL DISTRIBUTION: A regional-stratigraphical analysis for the Paraná Formation (Middle Miocene) is presented. This is based on historical data in the type locality and some other new sections done on several localities of Argentina. The Paraná Formation was deposited during an important transgression over the pampean and patagonian regions, close to the end of the Lower to Middle Miocene. The transgression covered most of central to eastern Argentina, reaching as far as the Andean and Patagonian border. Limestones, sandy to argillaceous facies with abundant fossils (molluscs, echinoids, trace fossils, foraminifera, conchostraca, fish and others marine vertebrates etc.) were developed, along the Uruguayan border to the westwards Entre Ríos province, in Argentina. In several localities (El Cerro and Paraná city, Molino Doll, etc) the limestone levels do have reef barrier type structure. Some others do present sandy barriers (Cristamine quarry). The fauna and sedimentological characters have been interpreted to be representative of temperate to warm waters and show correlation with outcrops in Patagonia .

Key Words: Miocene. Paraná Formation. Stratigraphy. Argentina.

Palabras claves: Miocene. Formación Paraná. Estratigrafía. Argentina.

Introducción

La primer referencia a estratos de edad terciaria en la Mesopotamia fue realizada por Alcides D'Orbigny (1842), quien en febrero de 1827 «*un poco más arriba del riacho de las Conchillas.*» identificó una columna geológica representada por arenas y arcillas con fósiles que le sugerían una antigüedad de ese período. Un año más tarde tuvo la posibilidad de revisar secciones que exponían la secuencia marina en la ciudad de Paraná que eran sometidas a explotación para su utilización en la fabricación de cal. «*Recogí con avidez los fósiles que encontré, porque eran los primeros que descubrí en América*», decía al comentar las tareas que le permitieron elaborar la primer columna estratigráfica del Terciario de la Mesopotamia e interpretar que ella tuvo origen en un avance del océano Atlántico sobre el continente.

Unos años más tarde Charles Darwin (1846) revisó los afloramientos en las barrancas de Paraná, coincidiendo con D'Orbigny en las características fundamentales de la columna estratigráfica, destacando su origen marino.

Con posterioridad Martín de Moussy (1857) hizo una descripción geológica de los alrededores de Paraná, asignando el conjunto sedimentario marino a una edad desde el Jurásico al Terciario. Esta errónea interpretación dio lugar a que, el entonces inspector de Minas de la

¹ INSUGEO. Miguel Lillo 205. 4000 San Miguel de Tucumán. Argentina. E-mail: insugeo@unt.edu.ar o facenola@satlink.com

Confederación Auguste Bravard (1858), efectuara un detallado análisis de la columna aflorante en las barrancas sobre los que se asienta la ciudad de Paraná. A estos los llamó *«terrenos marinos del Paraná o formación marina del Paraná»*, nominación que, por razones de prioridad, hoy se acepta para identificar a la secuencia sedimentaria marina aflorante en la ciudad homónima.

A partir de la sistematización de los estudios geológicos en la República Argentina, producidos con posterioridad a la creación de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba un gran número de investigadores se abocaron a resolver distintos temas que hacen a la interpretación de los sedimentos del Terciario mesopotámico. Entre quienes abordaron la cuestión estratigráfica, planteando diversas alternativas, pueden ser referidos Burmeister (1876), Stelzner (1923), Döering (1882), Borchert (1901), Ameghino (1906), Ihering (1907), Frenguelli (1920, 1947), Kantor (1925), Cordini (1949), Scartascini (1954, 1959), Camacho (1967), Yrigoyen (1969), Herbst (1971), Iriondo (1973), Aceñolaza (1976), Aceñolaza y Aceñolaza (2000), Herbst (1971) y Herbst y Santa Cruz (1999).

Tan abundante bibliografía más que aportar datos que complementen la información original produjeron, como efecto contrario, un oscurecimiento de la interpretación generando debates que en algunos puntos aún se encuentran vigentes.

Como contribución al debate de esta problemática, en 1999 se desarrolló en Diamante, Entre Ríos, una reunión de expertos con miras a ordenar muchos de los temas en cuestión y también actualizar conceptos hoy en desarrollo. Fruto de ello se desarrolla la presente contribución donde se pretende dar un panorama general acerca de la distribución de la Formación Paraná en el ámbito de la Mesopotamia y su distribución regional en los distintos puntos del subsuelo pampásico, como asimismo de sus equivalentes cronológicos y estratigráficos reconocidos en otros puntos del país.

Sinonimia

Los diferentes nombres que se han asignado a las capas marinas de Paraná, en sentido cronológico, son las siguientes: Grès tertiaire marin D, Grès Ostreen H, Calcaire arenifère I (D'Orbigny, 1842); 3° Capa Calcárea, 4° Capa arcillosa y 5° Arena verde-amarilla (de Moussy, 1857) Terrenos marinos del Paraná, Formación marina del Paraná y Terreno marino inferior, (Bravard, 1858); Piso Paranense y Piso Patagónico (Döering, 1882); Paraná-Formation/Paraná-Stufe (Borchert, 1901); Formación Entrerriana (Ameghino, 1906); Mesopotámico inferior y medio en las facies entrerrianas DHI sensu D'Orbigny (Bonarelli y Nágera, 1913); Paranense cuspidal, Entrerriense, Rionegrense marino y Araucanense con Turritella (Frenguelli, 1920, 1947), Estratos Santafecinos (Stappembeck, 1926), Formación Entrerriana (Cordini, 1949); Depósito a, b, c o Transgresión de Bravard (Scartascini, 1954); Formación Entre Ríos (en partes, Reig, 1956); Formación Paraná y Formación Entre Ríos (Camacho, 1967), «Entrerriense» (Groeber, 1960), Formación Puerto Brugo (Gentili y Rimoldi, 1979); Formación Paraná (Yrigoyen, 1969, Aceñolaza, 1976, Herbst, 1971).

Localidad tipo

Bravard (1858) en su descripción señala que *«En todo el espacio comprendido entre la Bajada Grande y el puerto de la Santiagueña, extensión de 3 o 4 millas, se cuentan una docena de estas barrancas que ocupan como la mitad de aquella distancia... La formación marina no se descubre sino en las barrancas de que*

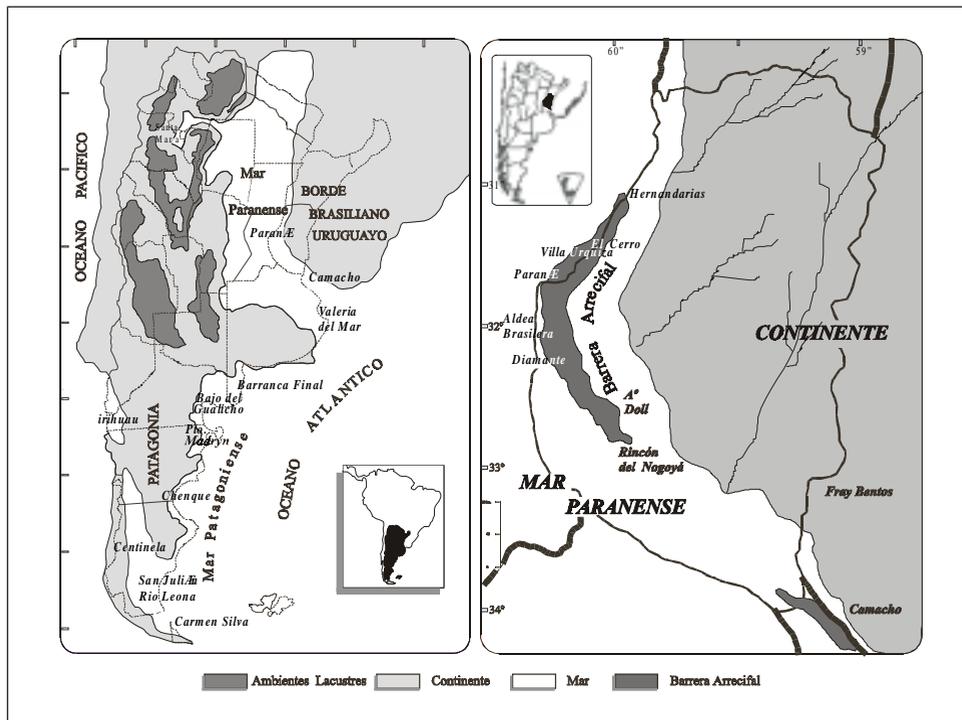


Figura 1. Distribución de la transgresión del Mioceno en territorio argentino y detalle sobre Entre Ríos.

acabamos de hablar y en las hendeduras del suelo formadas por las aguas del Salto, pequeño riachuelo, que corre de Sud a Norte y limita al oeste la Ciudad de Paraná». Este autor al referirse al puerto de la Santiagueña señala un punto en el actual Puerto Nuevo, mientras que el arroyo que menciona como del Salto es el hoy conocido arroyo Antoñico.

Bravard (1858) describe dos columnas a las que pueden definirse como tipo para la Formación Paraná. Ellas son la del puerto de la Santiagueña (hoy zona del Puerto Nuevo) donde identifica una sección de aproximadamente 15 metros de espesor y otra, a unos 400 metros al este, en la que entonces constituía la cantera de José Garrigó. Allí reconoce que la secuencia marina tiene unos 32 metros de potencia. Refiriéndose en términos muy generales señala que las diferencias composicionales permiten identificar «...dos formaciones muy distintas» (sic). A la superior le llama «Estado o sistema calcáreo» e incluye en él a los bancos de calizas organógenos y areniscas calcáreas; mientras que a la inferior la denomina «Estado o sistema de arenas arcillosas», involucrando en su descripción a los bancos de arenas y arcillas que contienen moluscos dispersos y restos de vertebrados.

La que puede ser denominada “sección y área tipo” es aún parcialmente reconocible en un tramo de la quebrada de la Santiagueña, inmediatamente al este de la cuesta de calle Güemes y los escasos afloramientos sobre avenida Uranga, en la ciudad de Paraná. De allí que en un sentido estricto el nombre de Formación Paraná debería aplicarse a la columna estratigráfica que tiene como de base al nivel del río. Obviamente un gran número de perforaciones realizadas con posterioridad en distintos puntos de la ciudad de Paraná pudieron comprobar que los sedimentos marinos se continúan sin interrupción litológica o cromática hasta aproximadamente la cota -110, lo que lleva a extender el concepto de esta unidad hasta su contacto con las arcillas pardas

del Oligoceno. Dicho de otro modo, la sección aflorante corresponde al cuarto superior del paquete sedimentario marino generado por el evento eustático que afectó esta región durante el Mioceno.

Distribución regional

Los afloramientos de la Formación Paraná se registran en una amplia región que va desde la margen derecha del río Nogoyá, hasta las inmediaciones de la desembocadura del río Feliciano, en la provincia de Entre Ríos.

Hay sectores en los que esta unidad constituye el núcleo principal de las barrancas, como es el caso de la zona de Paraná-Bajada Grande, o la región que va entre Rincón del Nogoyá-Victoria-Costa Grande. En cambio desde Paraná al norte, se la observa a lo largo de la margen izquierda del río homónimo o en puntos saltuarios en la cuenca del arroyo de las Conchas (Paso de la Arena-La Picada). También se la ha localizado en el subsuelo, mediante perforaciones, en distintos sectores del área centro de Entre Ríos, casi coincidentes con el eje del río Gualeguay.

a) Afloramientos al norte de Paraná.

En la zona del río Feliciano (Santa Elena/Piedras Blancas/Hernandarias), pueden observarse los niveles de arcillas gris verdosas, estratificados en bancos de hasta 40 cm de espesor, que caracterizan los estratos inferiores visibles a nivel del río, especialmente en épocas de bajantes.

Al norte del puerto de Hernandarias puede distinguirse la relación de estos bancos con la superpuesta Formación Ituzaingó por la presencia de un nivel oscuro, manganesífero/ferruginoso ubicado aproximadamente a nivel del camino que por la costa lleva a Piedras Blancas. Este nivel, caracterizado por arcillas gris verdosas en bancos decimétricos, presenta en su techo una compacidad variable, llegando a constituir un pavimento cementado por óxidos. En algunos sectores se presentan niveles de arenas cementadas por carbonatos. Por sobre él se observan niveles de gravilla o fragmentos de huesos, escamas o de troncos que dan indicación que el mismo fue un plano de exposición aérea a subaérea de la etapa fluvial superpuesta.

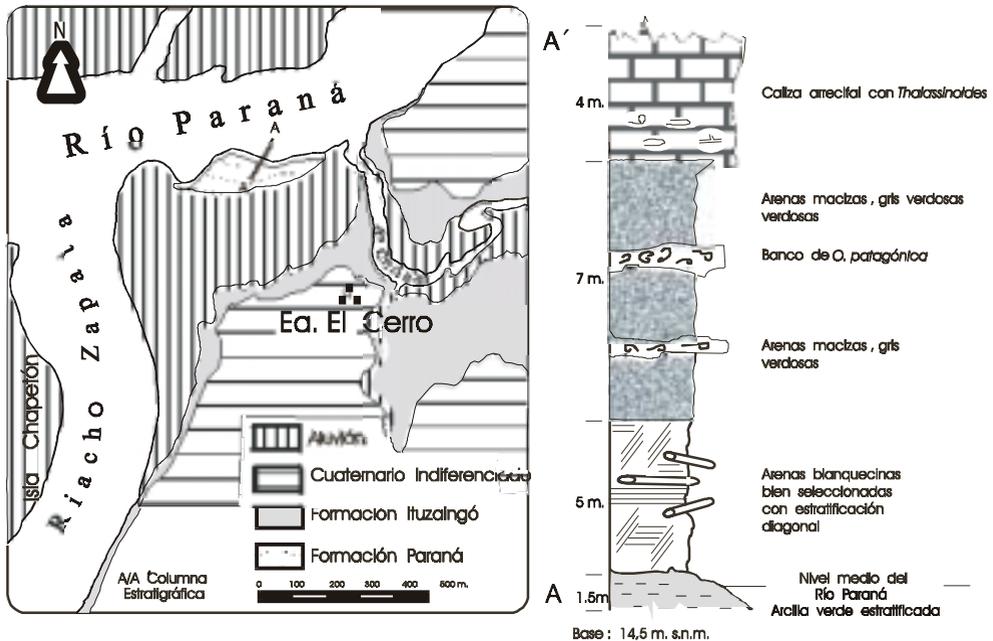
En esta zona no son visibles los bancos ostreros que caracterizan al nivel basal de la secuencia expuesta a nivel del río, pero los caracteres litológicos, incluso cementación carbonática y tipo de estratificación permiten llevar a considerar su equivalencia con otras localidades ubicadas al sur de esta zona.

La localidad de Puerto Brugo fue estudiada por Frenguelli (1947) para demostrar la existencia de deformación tectónica en los niveles de la Formación Paraná. Allí, al sur de los restos del antiguo puerto y a nivel del río, se localizan arcillas gris verdosas y niveles de *Ostrea (O. brugoi sensu Frenguelli, 1947)*, las que conforman una estructura dómica de un centenar de metros de longitud. Esta fue asimismo revisada y estudiada por Battaglia (1946) quien ratificó las apreciaciones previas atribuyéndolas a acontecimientos orogénicos.

Revisar los afloramientos mencionados nos llevó a pensar que su estructura es debida a los comunes deslizamientos que genera la actual dinámica fluvial. Estos fenómenos deformativos de las arcillas son visibles en aquellos sectores, que al erodarse su base da comienzo a un proceso de remoción en masa de tipo rotacional. En el caso de los afloramientos de Puerto Brugo, hoy se encuentran muy recubiertos por el material arenoso y de limos del río, pudiendo ser observados de manera discontinua en el corte producido por un corto arroyo que llega al río Paraná.

En El Cerro, a unos 30 kilómetros al norte de la capital de Entre Ríos, aflora una sección del

orden de los 17 metros de espesor, constituyendo una elevación que emerge de la planicie aluvial rodeada por el cauce principal del río. Esta fue estudiada por Aceñolaza y Aceñolaza (2000) y caracterizada, de arriba a abajo por los siguientes términos litológicos: Banco de caliza arrecifal gris blanquecina, estratificada en bancos macizos de hasta 1 metro de espesor. Contie-



ne niveles con icnofósiles entre los que se destacan *Taenidium*, *Thalassinoides* y algunos niveles con *Ostrea* y *Monophoraster*. En su base hay un banco de arenas arcillosas de color gris verdoso, en el que se intercalan delgados niveles de arenas blanquecinas, bien seleccionadas y bancos de moluscos (*Ostrea*, *Placunanomia*, etc.) que se sobrepone a arenas blanquecinas, bien seleccionadas, con estratificación planar y diagonal e intercalaciones de niveles de arcillas verdosas. La base visible a nivel del río está constituida por arcillas verdosas estratificadas en bancos de hasta 15 centímetros. Este mismo banco a 500 metros aguas arriba de la desembocadura del Arroyo El Chilcal, tiene intercalaciones arenosas más frecuentes, algunas de ellas fuertemente cementadas por carbonatos y con diseño de estructuras de tormenta. En las arcillas hay restos vegetales y en la base de las arenas impresiones de cuerpos blandos comparables a *Conostichus*.

La sucesión mencionada es la primera que, desde el norte, que expone un banco carbonático de tipo arrecifal. El conjunto sugiere un ámbito de mar poco profundo, litoral a sublitoral, con características transgresivas. Asimismo da argumentos para postular que la temperatura de las aguas fue templada-cálida lo que permitió la acumulación de los carbonatos.

A mitad de camino entre El Cerro y Villa Urquiza se encuentra en punto conocido como Bajada de la Celina. Allí solo se observa el banco de arcillas basales, gris verdosas, estratificada en bancos de hasta 20 cm de espesor. El espesor visible sobre el nivel del río no supera los 2 metros y se caracteriza por estar disectada por una superficie erosiva irregular sobre la que se

dispone la Formación Ituzaingó. En esta superficie es visible la concentración de óxidos de manganeso y el desarrollo de la «costra» ferromanganesífera que caracteriza dicha discordancia.

En la zona conocida como Bajada del Cementerio y Los Remansos nuevamente la Formación Paraná logra una altura cercana a los 4 metros sobre el nivel del río. En esta zona es frecuente el nivel de arenas blanquecinas medanosas, bien seleccionadas, a las que se le intercalan bancos de una limolita gris muy consolidada y de arcilla gris verdosa que contiene restos vegetales (hojas y troncos).

En este sector, la discordancia que la separa de la Formación Ituzaingó, es difícil de identificar por haberse desarrollado sobre niveles de arenas en los que no se determina claramente el paso de una a otra. Solo la existencia del banco manganesífero y de niveles de gravillas con restos fósiles, es el mejor indicio de la culminación de la formación marina. Algo más al sur, cerca del anfiteatro, los niveles de arcilla son más frecuentes, habiéndose logrado en ellos el cuerpo vertebral de una ballena.

La sección del Puerto de Villa Urquiza fue descrita en detalle por Frenguelli (1920) quien identificó que el espesor de la Formación Paraná ronda los 6 metros de potencia sobre el nivel del río. Su base está representada por arcillas verdes con delgadas intercalaciones de arenas blancas y con un banco de *Crassostrea rizophorae* (Guilding) que hacia arriba pasan a arenas verde amarillentas masivas que en el techo contienen un banco de *Ostrea patagónica*. Esta sección se mantiene con esas características hasta el punto conocido como El Brete donde un importante deslizamiento produce el corrimiento del banco de *Crassostrea rizophorae* hacia el río. Este banco fue el que proveyó el molar atribuido al sirénido *Dioplotherium* (Cozzuol in Cione et al., 2000). En la misma zona se identificó la presencia de los foraminíferos *Protoelphidium tuberculatum* y *Rotalia beccarii parkinsoniana* (Herbst y Zabert, 1987). Unos 400 metros al sur solo son visible los niveles inferiores de la Formación Paraná, lugar donde provienen los restos vegetales que se atribuyen a lauráceas (Aceñolaza y Aceñolaza, 1996). En el punto llamado Las Palmas, a la vera del arroyo Las Conchas, en un pequeño corte de la barranca aflora el banco arcilloso inferior con *Crassostrea rizophorae* (Guilding).

A unos 10 kilómetros hacia el este, en la zona conocida como «Estancia Carbó», a un costado del camino es posible encontrar el banco carbonático fosilífero. Este tiene un espesor visible cercano a 1 metro y está constituido por estratos de caliza micrítica con abundantes moldes de moluscos e intercalaciones margosas gris amarillentas. En él se reconoce abundantes niveles con pectínidos y arcidos. Debe señalarse que en la zona de Paso de la Arena, en el badén del arroyo de las Conchas, aflora el paquete de arcillas verdes con *Crassostrea rizophorae* (Guilding), lo que permite reconocer hasta donde se extienden estos niveles, ya que se encuentran a unos 20 kilómetros al este del afloramiento de Las Palmas.

b) Afloramientos en el área tipo: ciudad de Paraná.

Como ya se ha mencionado la sección y área tipo de esta Formación la constituyen los afloramientos que se observan en las barrancas de la ciudad de Paraná. Lamentablemente la progresiva urbanización ha ido recubriendo con edificios y parquizaciones muchos de las exposiciones de esta unidad pudiendo reconocerse solo fragmentos de ellos en aquellos sectores que por su anfractuosidad han preservado sus características estratigráficas.

Así por ejemplo la sección tipo descrita por Bravard (1858) en la cantera La Santiagueña hoy es casi imposible de reconocerla. Hay solo algunos resaltos en el arroyo La Santiagueña que bordea el Parque Berduc-plazoleta Güemes y otros sobre calle Laurencena, en cercanías del Puerto Nuevo. Laterales a éstos son los que se reconocen en el corte de la avenida Uranga en el tramo que va entre la avenida Ramirez y el arroyo de las Viejas. En la zona de referencia aflora

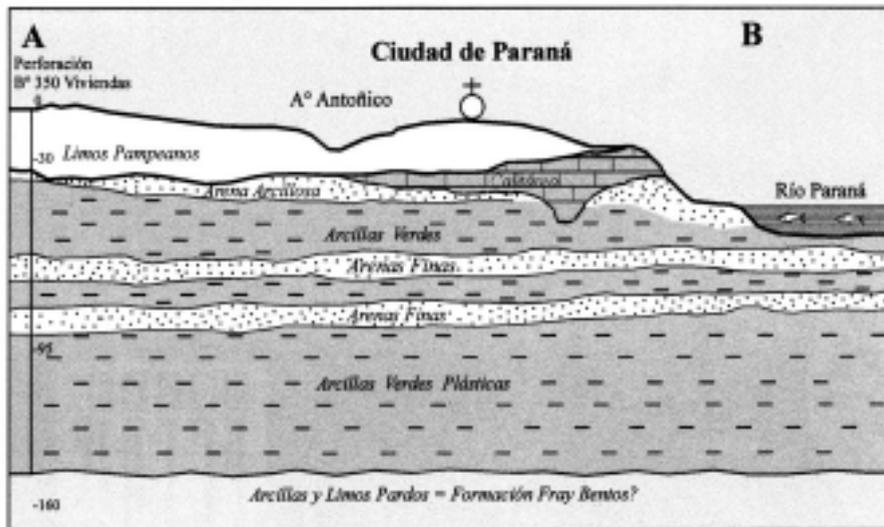


Figura 3. Sección estratigráfica A-B que involucra afloramientos del Puerto Nuevo con los datos de perforación que ponen de manifiesto el desarrollo vertical de la Formación Paraná, en la localidad tipo.

un paquete arenosos carbonático en el cual se desarrollan niveles de *Ostrea patagónica* en posición de vida (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000). En el parque que limitan las calles Güemes, San Juan y Moreno, se observa el mismo banco carbonático con fragmentos de moluscos (*Turritella*, *Scapharca*, etc.), mientras que en el corte producido por un salto de agua es factible observar una columna de aproximadamente 6 metros de espesor donde, en la base, se encuentran arenas gris verdosas masivas con algunos restos de moluscos (2,5 m) que son sobrepuestas por un paquete de calizas micríticas y esparíticas, dispuestas en una particular desarrollo de paleocanales donde son notables varios tramos con amplio desarrollo de estructura diagonal.

Los puntos de observación de los afloramientos que van desde el Puerto Nuevo (calle Corrientes) hasta el arroyo Antoñico son también saltuarios por haber quedado ocultos por la parquización. Solo es posible observar columnas estratigráficas de no más de 6 metros de espesor donde se reconocen las arenas masivas gris verdosas o verde-amarillentas con moluscos fósiles que son recubiertas por un espesor variable de carbonatos micríticos y esparíticos dispuestos en bancos de hasta 1 metro de espesor, en los que es frecuente observar abundantes estructuras de estratificación planar y diagonal. Estos bancos carbonáticos, en algunos sectores disponen de concentraciones de conchillas de moluscos que, en gran parte, se encuentran desarticulados.

Desafortunadamente los afloramientos del arroyo Antoñico, otra de las secciones típicas que fueran descripta en detalle por Frenguelli (1920) y Kantor (1925) hoy se encuentran recubiertas por escombros y urbanizaciones que impiden su observación.

Debe señalarse que en las explotaciones de esta caliza desarrollada por la antigua fábrica de cemento «Portland» es factible observar ciertas características del banco carbonático que se han preservado en los amplios destapes realizados para la explotación del mismo. Hoy ese ámbito, al integrar un nuevo parque público, ofrece buenas perspectivas para su estudio.

En perforaciones hechas en barrios de esta ciudad (p. ej. barrios Las Piedras/Mercantil) con el objeto de proveer de agua han permitido reconocer que la columna estratigráfica marina tiene una potencia de aproximadamente unos 100/110 metros de espesor. Aproximadamente

entre los 70 y 100 m d.b.p. se intercalan bancos de arenas finas de color gris claro o pardo amarillenta, muy bien seleccionada y separadas entre sí por bancos de arcillas plásticas gris oscura y gris verdosa. Los niveles superiores están constituidos por arenas y arcillas con fragmentos de conchillas en un espesor de unos 8/10 metros que hacia abajo son seguidos por unos 30 metros de arcillas pardo-verdosas. A éstos le preceden unos 25 metros de arenas finas y medianas de color gris claro y pardo-amarillentas que contienen intercalaciones de arcilla de hasta 10 m de espesor. El tramo inferior está integrado por unos 30 metros de arcillas plásticas verdosas que hacia abajo y hasta el fondo de la perforación (a - 150/160 m d.b.p.) son reemplazadas por otras de color pardo claro algo limosas. Es posible interpretar a estas últimas arcillas de base como equivalentes laterales a los limos pardo-rojizos de Formación Fray Bentos/Olivos, representando una transición del ambiente continental-palustre al marino de Formación Paraná. Debe señalarse que el nivel arenoso-arcilloso del tramo medio-inferior constituye el principal acuífero zonal que provee el agua de consumo para varios sectores de la ciudad de Paraná.

Con respecto al banco de carbonatos, es importante señalar que Cordini (1957) basándose en datos de perforaciones había señalado los límites de su desarrollo areal, destacando el carácter plano-lenticular del mismo. Esta característica, sumada a las que ofrece la sedimentología del cuerpo, facilitan la interpretación que el mismo constituyó un prisma con caracteres de arrecife de barrera.

c) Afloramientos al sur de Paraná.

La cuenca del arroyo El Salto da lugar a una serie de exposiciones desde la zona de Aldea Brasileira, donde se observan los carbonatos del techo, hasta su desembocadura en el Paraná en la zona de La Jaula donde son visible los niveles arcillo/arenosos que hacia arriba pasan a las arenas arcillosas gris verdosas con restos fósiles (selacios). En distintos puntos de la cuenca de este arroyo, donde son objeto de explotación las arenas cuarzosas puras, medianosas, es posible reconocer que desde ese nivel, hacia arriba, es notable un banco de arcillas verdes con *Ostrea patagónica* que a su vez son recubiertas por arenas con *Skolithos* (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000), con un espesor no inferior a 30 metros. De esta zona proviene una importante microfauna integrada, entre otros, por los foraminíferos *Bucella frigida*, *Nonionella atlántica*, *Quinqueloculina lamarckiana* y los ostrácodos *Callistocythere litoralis* y *Cyamocytheridea ovalis* (Herbst y Zabert, 1987).

En la cuenca del Arroyo la Ensenada queda expuesta una columna estratigráfica con similares características desde la zona de Salto Anderech, al este de Libertador Gral. San Martín (Puiggari) hasta la zona de su desembocadura en el Paraná. Al norte del puerto de Diamante, y por debajo de limos del Cuaternario, se dispone una sucesión arcillo-arenosa gris verdosa con intercalaciones de niveles carbonáticos con óndulas y trazas fósiles.

Hacia el sureste, el cauce del Arroyo Doll expone una sección de varios metros de espesor de esta unidad, desde 1 kilómetro al norte del puente de la ruta provincial 11 y por varios kilómetros aguas abajo. En el punto llamado Molino Doll la sección estratigráfica tiene unos 8-10 metros y está representada, de abajo hacia arriba por una sucesión de arcillas que pasan a arenas margosas y culminan en calizas masivas, gris blanquecinas, con moluscos (*Ostrea*, *Arca*, etc.), y niveles clásticos carbonáticos con estructura diagonal (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000).

Los principales afloramientos de la región de Victoria se localizan en la cuenca del arroyo Corrales; aquí el calcáreo marino tiene un espesor del orden de 2 metros y presenta variaciones laterales notables. El mismo fue objeto de explotación como materia prima para cemento en las canteras Reggiardo, Centenario y Marseillán. Se presenta formando un banco carbonático ma-

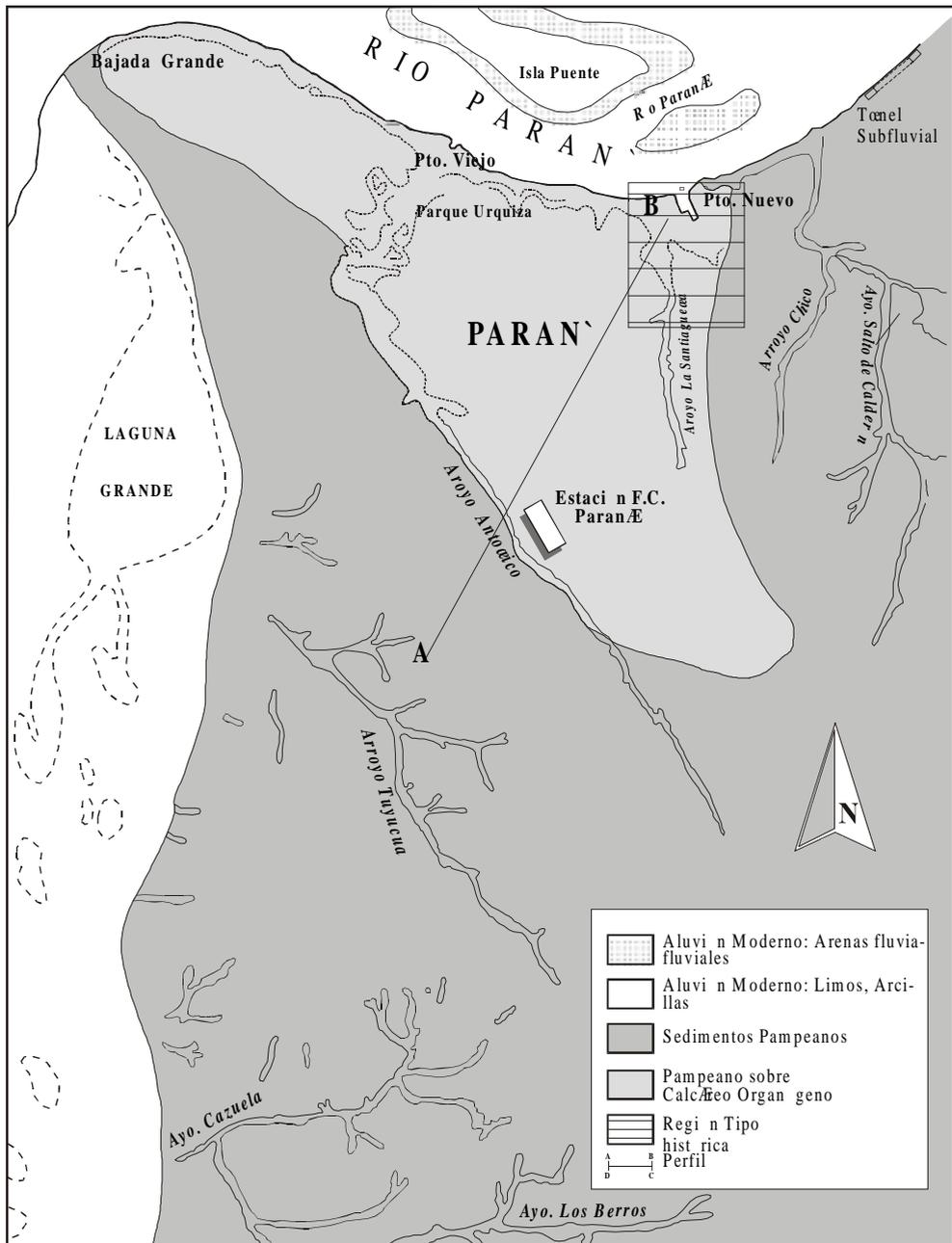


Figura 4. Distribución regional del banco de carbonatos de la Formación Paraná según Scartascini (1957) con indicación de la zona tipo en el tramo inferior del Arroyo de la Santiagueña y posición de sección estratigráfica A-B.

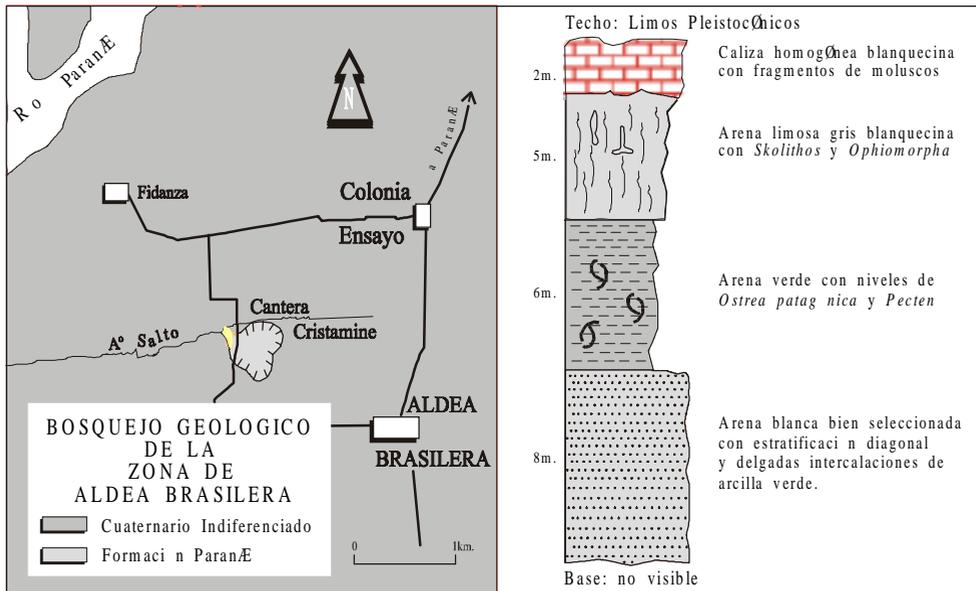


Figura 5. Columna estratigráfica y esquema geológico de la zona de Aldea Brasilera, según Aceñolaza y Aceñolaza (2000).

cizo con una continuidad lateral notable y en el cual son abundantes los restos de moluscos. Este se encuentra intercalado en una arena arcillosa de color verdoso claro y niveles de arcilla verdosa. En la parte superior también se localizan bancos carbonáticos discontinuos. Diversos cortes de arroyos, como el Tajamar, Manantiales y Ceibas Grandes son labrados sobre niveles carbonático-arcillosos de esta unidad. En las canteras Municipal y Grasseco, Herbst y Zabert (1987) lograron una abundante microfauna de foraminíferos y ostrácodos entre los que se destacan *Rosalina floridana*, *Elphidium discoidale*, *Callistocythere marginalis* y *Caudites kennedyi*.

El resalto que se observa al oeste del río Nogoyá se origina en la erosión producida por éste en niveles arcillo-carbonáticos de la Formación Paraná. En el punto conocido como Rincón del Nogoyá, Aceñolaza y Aceñolaza (2000) señalan la exposición del banco de calizas gris blanquecinas con intercalaciones de arcillas verdes representativas de dicha unidad.

Interpretación de la Formación Paraná en el marco regional pampásico.

Si bien la interpretación que señala el origen atlántico de esta unidad se remonta a D'Orbigny (1842), la mayor disponibilidad de datos de subsuelo a partir de los primeros años del siglo 20, brindó un panorama más certero sobre las dimensiones que tuvo la extensión del mar «paranense». Comparaciones de la malacofauna sudamericana y caribeña llevaron a Ihering (1907) a postular la existencia de vinculación de la cuenca amazónica con la de Paraná mediante un brazo de mar al que, años más tarde, dicho autor llamó «manga del Tethys» (Ihering, 1927). Las posibilidades de una comunicación por mar entre la pampasia y las cuencas del Amazonas y Orinoco es reforzada por Boltoskoy (1979, 1991), Alonso (2000) y por Del Río (1988, 1998) quienes llegan a señalar que la afinidad faunística entre el norte y sur de Sudamérica es muy alta.

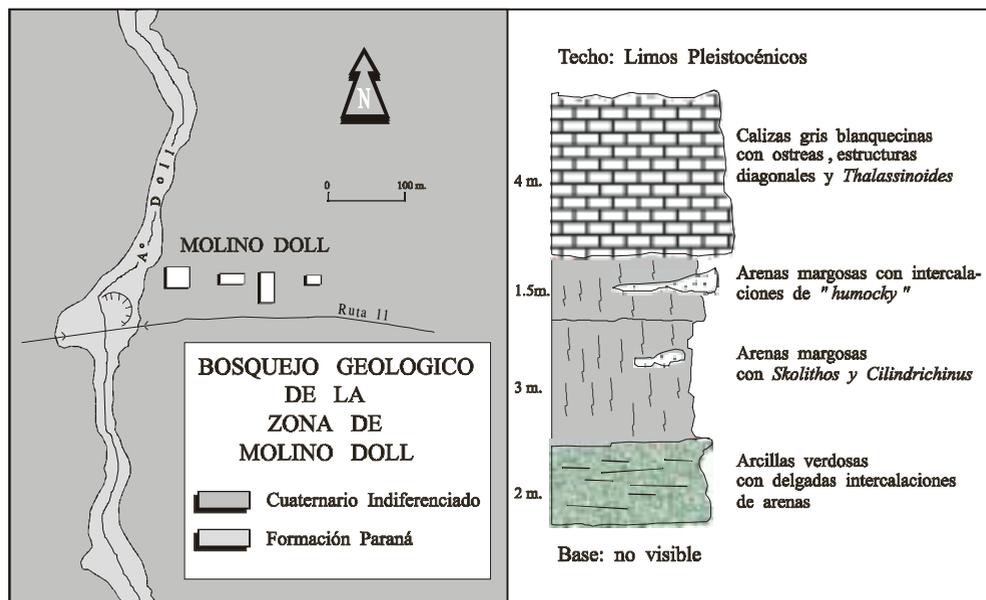


Figura 6. Columna estratigráfica y esquema geológico de la zona de Molino Doll, según Aceñolaza y Aceñolaza (2000).

En contraposición, Windhausen (1931) recopilando los datos de perforaciones que en Pampasia le permitieron a Stappenbeck (1926) dar una continuidad regional a las capas de arcillas verdes de origen marino («Estratos Santafesinos *sensu* Stappenbeck, 1926), pone en duda el hecho que la transgresión haya superado los límites septentrionales de Argentina. A esta interpretación, que invalida la conexión intracontinental, adhieren Aceñolaza y Aceñolaza (2000) y Marengo (2000). teniendo en cuenta los datos de perforaciones no solo de Argentina, sino también las que se lograron en el Chaco paraguayo (Wiens, 1996) y en el borde subandino de Bolivia. Máxime teniendo en cuenta que el único argumento que fundamenta dicha interpretación está dado, básicamente, por la presencia del foraminífero *Ammonia beccarii*, cuyo habitat varía entre el bentos marino y aguas salobres continentales (Usera y Blázquez, 1998) y a los conceptos fundados en la fauna de foraminíferos, desarrollada por Marengo (2000).

Por las perforaciones realizadas en Mesopotamia y Pampasia se conoce que las capas marinas se asientan, en aparente discordancia, sobre capas arenosas o limo arenosas pardas y rojizas de edad oligocena (Formaciones Fray Bentos Olivos). Una serie de perfiles de perforación descritos por Cordini (1949) señala que la unidad marina en Entre Ríos se extiende, al menos, hasta el este de la cuenca del río Gualeguay. Así por ejemplo, menciona como propia del «entrierriense» a un paquete de arcillas arenosas verdesas que constituyen la base de la perforación de Villa Domínguez (entre -31,5 y -59,6 m bbp). Algo similar ocurre en las perforaciones de Altamirano (-27,5 a -51 m bbp), Maciá (-36,8 a -115,3 m bbp) y Durazno (-55,3 a -77,9 m bbp). En Parera (-43,5 y -80 m bbp) e Irazusta (-18 y -81 m bbp). En Villaguay, uno de los puntos más orientales donde se registra esta unidad, los bancos de arenas y arcillas se encontrarían entre los 30 y 62 metros de profundidad. De igual manera el registro de la Formación

Paraná estaría comprobado en las perforaciones de La Paz (-27 a -96 m bbp) y en San Gustavo (por debajo de los 28 m). En todos los casos mencionados el valor inferior corresponde al final del pozo; mientras que en Gualaguaychú, para dicho autor, a partir de los 57 metros de profundidad se registra la presencia de la Formación Fray Bentos. De la perforación de Gobernador Solá, Groeber (1961) menciona la presencia de niveles con restos de ostras y moluscos marinos en una profundidad variable entre 91 y 92 metros bbp. Considerando que esta localidad está en cota +84, Groeber (1961) interpreta que si los mismos son equivalentes a los de las barrancas de Paraná, se estaría ante la presencia de una amplia combadura

La secuencia marina, caracterizada por arcillas verdes o verde-azuladas, tiene espesor variable correspondiendo los máximos valores a una línea que va de sureste a nor-noroeste desde la latitud de Rosario hasta el norte de Santiago del Estero.

En la interpretación de Stappenbeck (1926), esta unidad tiene unos 170 metros de potencia en Bell Ville (Córdoba); mientras que en San Francisco (Córdoba) esta alcanzaría unos 180 metros. En Santiago del Estero y oeste de Santa Fe el espesor es del orden de 145 metros en Tostado, unos 220 metros en San Cristóbal, 114 metros en Banderas y unos 180 metros en Chañar Pozo. Según Zabert y Barbano (1982), en Santiago del Estero (perforación Capital 4) esta unidad tiene unos 220 metros de espesor, siendo los niveles inferiores portadores de foraminíferos del género *Ammonia beccarii parkinsoniana* y *Quinqueloculina seminulina*; mientras que en Medellín (Atamisqui) la potencia es del orden de 50 metros, también con los mismos foraminíferos. Algo similar ocurre en el estudio del pozo de Josefina, en la provincia de Santa Fé (Anzótegui y Garralla, 1986).

Los espesores en los límites con Catamarca, cercanos a los 100 metros (Frias, 114 metros y Tapso, 72 metros) ayudan a la interpretación de Windhausen (1931) de hacer ingresar una manga marina por la cuenca de las Salinas Grandes hacia las provincias de La Rioja y Mendoza; mientras que la existencia de una fauna de moluscos en el valle de Santa María (Catamarca), le lleva a proponer su conexión con el tramo norte de la transgresión. Esta situación fue revalorizada por Bertels y Zabert (1980) al reconocer una fauna de foraminíferos en sedimentos terciarios de Santa María que son interpretados como propios de un ambiente marino costanero o en lagunas de salinidad superior a lo normal. Esto es nuevamente sostenido por Zabert (1982) al descubrir la presencia del foraminífero bentónico *Nonion demens*. En contraposición Spiegelman (1971), con argumentos sedimentológicos, sostuvo que dichos niveles eran típicamente continentales. Una revisión hecha por Herbst y Zabert (1987) basada en datos de perforaciones y afloramientos llegan al diseño de la cuenca en la que, gracias a los foraminíferos, señalan los sectores del ámbito pampásico en los que es posible identificar rangos de salinidad creciente o decreciente .

Al margen del análisis que se hizo sobre los afloramientos del área tipo en Entre Ríos debe señalarse que en el subsuelo se la detecta en perforaciones profundas realizadas en la cuenca del río Paraná. Según Herbst y Santa Cruz (1999) en Corrientes el espesor máximo es del orden de los 68 metros y se reconoce como arcillitas limo-arenosas de color gris verdoso con algunas intercalaciones de arenas gris amarillentas. En las arcillitas se han recogido algunos fragmentos de *Ostrea* sp en la perforación de Santa Lucía y los foraminíferos *Protoelphidium tuberculatum* y *Ammonia beccarii parkinsoniana* y los ostrácodos *Cyprideis* sp. y *Perissocytheridea* sp.

Así también se tiene buenos registros en la región norte de la provincia de Buenos Aires, esta unidad está compuesta por arcillas gris verdosas a oscuras, compactas y con abundantes microfósiles (Yrigoyen, 1975). Su espesor va incrementándose desde una decena de metros en la región de San Nicolás (Braccini, 1980), con valores mayores en La Plata (220 metros);

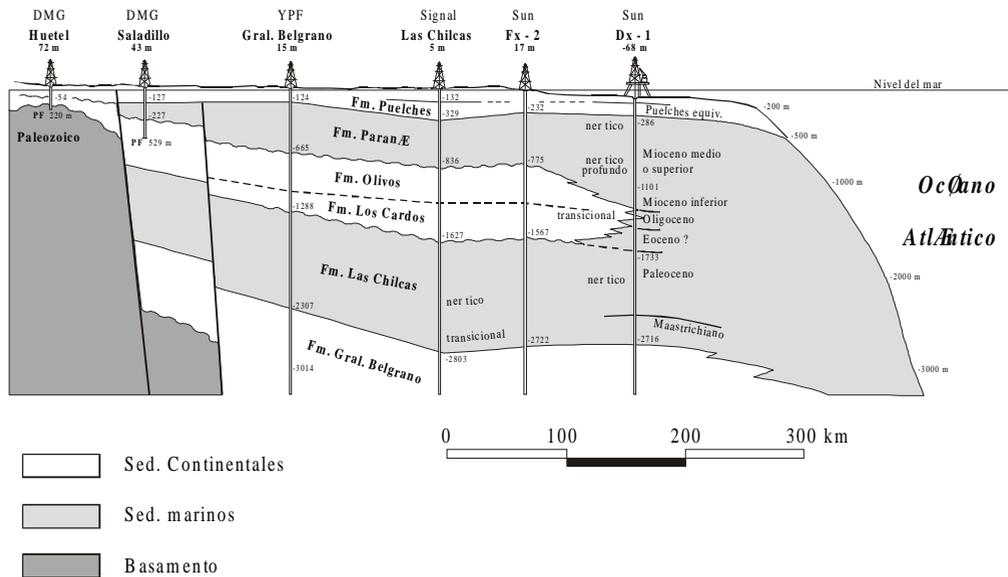


Figura 7. Esquema estratigráfico de la Cuenca del Salado y su proyección sobre la plataforma marina, según Yrigoyen (1975).

Monte Veloz (362 metros), hasta unos 800 metros en la parte externa de la cuenca del Salado (Yrigoyen, 1975, Braccacini, 1980).

En la Cuenca del Colorado los niveles marinos se apoyan concordantemente sobre las facies continentales y marinas de las Formaciones Ombucta y Elvira . Allí las arcillas del Mioceno tienen un color gris oscuro o verdoso y se reconocen con el nombre de Formación Barranca Final (Zambrano, 1972) y tiene, en el continente (Pozo Colorado-1) un espesor máximo de 792 metros y mar afuera (Pozo H-x-1) 997 metros (Zambrano, 1980). En función al contenido paleontológico (dinoflagelados y polen) se interpreta que la Formación Barranca Final es una sucesión marina litoral-estuariana (con *Operculodinium israelianum*) a oceánica (con *Impagidinium* sp. y *Nematosphaeropsis rigida*) cuya depositación fue continua entre el Oligoceno y el Plioceno inferior (Guerstein y Guler, 2000) y entre el Oligoceno y Mioceno inferior (Malumian y Ñanez, 1998).

Relaciones con el área patagónica

La Formación Barranca Final no solo se identifica en el subsuelo de la Cuenca del Colorado, sino que también a ella deben referirse los afloramientos de la costa del golfo de San Matías en la provincia de Río Negro (Zambrano, 1980). Esta unidad es también identificada por con el nombre de Formación Gran Bajo del Gualicho (Lizuaín y Sepúlveda, 1979) para la región homónima y por Stipanovic y Methol (1980) con el de Formación Patagonia. Se debe señalar que para Lizuaín y Sepúlveda (1979) y Sepúlveda (1983), el espesor de esta unidad no supera los 80 metros, caracterizándose por la relativa abundancia de moluscos (*Ostrea maxima*) y de vertebrados marinos.

La línea de costa que va desde la desembocadura del río Negro hasta el Santa Cruz presenta una sucesión de afloramientos del Mioceno marino prácticamente continua. En el norte, en la zona de Playa el Cóndor (Río Negro) tienen un espesor visible de pocos metros de potencia y están representados por arcilitas verdosas con intercalaciones arenosas y niveles conteniendo una malacofauna caracterizada por *Ostrea*. En la región de Las Grutas, al sur de San Antonio Oeste, el nivel arcilloso es visible desde el nivel inferior de bajamar hasta unos 6 metros de altura. Luego es sucedido de unos 4 metros de arenas arcillosas blanquecinas, algo tobáceas. Los niveles arcillosos están particularmente bioturbados, destacándose la presencia de icnofósiles de la asociación *Ophiomorpha - Thalassinoides*.

A unos 30 kilómetros al noroeste del puerto de San Antonio y configurando el contorno alto del Bajo del Gualicho, afloran arcilitas verdosas y arenas de playa, en partes medianosas. En los niveles arcillo arenosos se localizan bancos de *Ostrea* y abundantes restos dentales de tiburones. Hacia el suroeste, en el área que va desde Aguada Cecilio a Valcheta, se asignan al Terciario marino una serie de afloramientos discontinuos de arenas gris verdosas con participación tobácea.

Tal vez una de las regiones de mejor exposición se da en el entorno de la Península Valdes, desde un poco al sur de Sierra Grande, hasta la zona de Punta Tombo en Chubut. Allí, en términos generales, la secuencia se desarrolla sobre las areniscas tobáceas de la Formación Sarmiento con un espesor del orden del centenar de metros. Los niveles basales, más cineríticos se reconocen con el nombre de Formación Gaiman, mientras que las superiores con el de Formación Puerto Madryn (Haller y Mendía, 1980). Para Del Río (1998) ambas unidades pueden ser integradas solamente en la definición de Formación Puerto Madryn, criterio que comparten Aceñolaza *et al.* (1997) y Scasso y Castro (1999) al unificar la secuencia en un evento marino mayor caracterizado por sucesivas variaciones en avance y retroceso de la línea de mar. Este carácter es visible hacia el sur del Chubut y particularmente en la costa atlántica de Santa Cruz.

En la cuenca del Golfo San Jorge los sedimentos del Mioceno se identifican con el nombre de Formación Chenque, cuyos afloramientos tienen especial desarrollo en la zona de Comodoro Rivadavia. Estos representan depósitos litorales que varían desde propios de un ambiente de albufera hasta los marinos de barrera y plataforma. En ellos se destaca la presencia de biohermos de ostreidos cuya caracterización como arrecifes fue planteada por Bellosi (1996). Para dicho autor estos se conformaron en albuferas salobres de la planicie costera inferior, en un ambiente paleogeográfico litoral a sublitoral. Para Malumian (2000), la presencia del foraminífero *Transversigerina*, junto al bivalvo *Neoinoceramus* en los términos basales de esta unidad le lleva a interpretar el inicio de su depositación como propia del Mioceno temprano.

Desde la cuenca de San Jorge al sur aún es frecuente reconocer estos estratos con el nombre de informal de «Patagoniano» o «Formación Patagonia» (Russo, *et al.*, 1980), término que fue suplido por Bertels (1970) por los nombres formacionales de San Julián («Juliense» *sensu* Ameghino, 1898) y Monte León («Leonense» *sensu* Ameghino 1898). Estudios desarrollados por Barreda y Palamarczuk (2000) sobre palinomorfos de esta última unidad permiten comprobar que la misma se depositó en un ambiente litoral con fluctuaciones continental/marinas ocurridas en un durante el Mioceno temprano. Feagle *et al.* (1995) obtuvieron datos radimétricos Ar/Ar en tobas del techo que permitieron datarlas con una antigüedad de 19 Ma.

En el borde oriental de la cordillera patagónica se desarrolla una secuencia de espesor variable a la que Furque y Camacho (1972) denominan Formación Centinela. Esta unidad está integrada por areniscas gris amarillentas, algo carbonáticas, a las que se intercalan niveles de tobas. Tiene una abundante malacofauna entre los que se destacan niveles con los géneros *Ostrea*, *Chlamys*, *Turritella*, *Cardium*, etc, estando en discusión aspectos que hacen a su identificación cronológica. Si bien autores la asignan al evento eustático Oligo-mioceno, recientes trabajos de Casadio *et al*

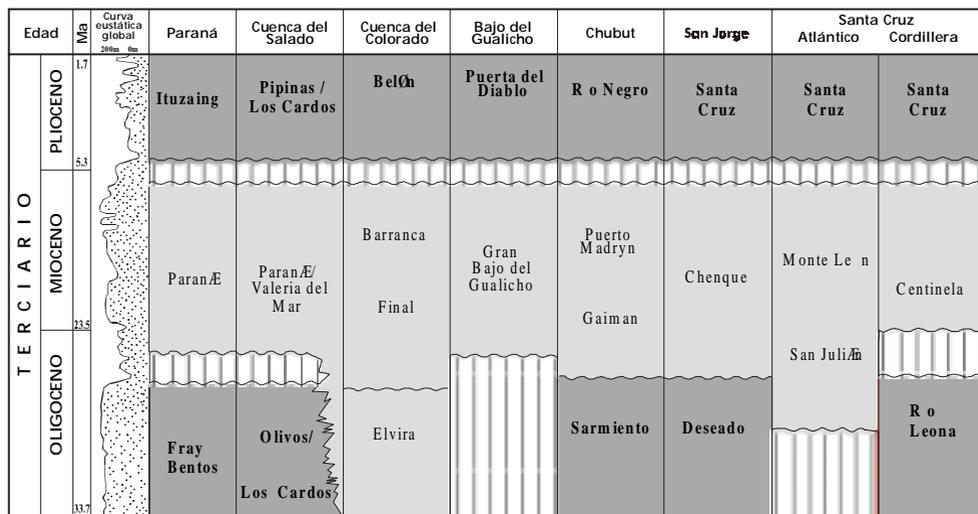


Figura 8. Cuadro de correlación estratigráfica entre diferentes localidades en las que se desarrolla los sedimentos marinos del Mioceno de Argentina.

(2000) interpretan que niveles de esta unidad en la región de El Calafate tienen una edad de 46 Ma, basados en isótopos de Argón. El eje de la cuenca es aproximadamente coincidente con la de la cordillera, siendo notables sus afloramientos en el Lago Cardiel (230-240 metros de espesor) y el Lago Buenos Aires (200 metros) y Lago Argentino (170 metros de espesor). Feruglio (1938) señala la continuidad de estos afloramientos con los visibles en el área atlántica con espesores que llegan a tener hasta unos 450 metros. Russo *et al.* (1980) comprueban que asimismo la unidad marina se presenta en el subsuelo de Santa Cruz de manera discontinua entre los pozos Moy Aike x-1 y El Fondo x-1. También niveles deltaicos a costaneros están representados en la Isla de Tierra del Fuego por las Formaciones Cerro Aguila y Carmen Silva (Malumian, 2000).

Las rocas del Mioceno marino de Santa Cruz se desarrollan hacia el Océano Pacífico conformando un corredor oceánico que se extendió hacia el borde andino de Río Negro y Neuquén. Las mismas han sido identificadas, siguiendo a Feruglio (1949) con el término genérico e informal de «Patagoniano» aunque distintos autores las reconocen con nombres formacionales tales como Ñirihuau, Ñorquincó o Rincón de Cholila. En general son areniscas de grano medio a grueso de color gris blanquecino a verde con cemento calcáreo y en algunos casos con niveles carbonosos (Cazau, 1980, González Bonorino, 1986). En muchos casos, como el de la Formación Collón Cura, estos afloramientos representan facies lacustres marginales en las cuales se ha reconocido abundante microfauna de ostrácodos de aguas continentales, pero cronoestratigráficamente equiparables con el evento eustático que culmina en el Mioceno (Bertels-Psotka, 2000).

Por último debemos abordar en este análisis lo referido a la configuración del Océano Atlántico durante el Terciario, particularmente en el Neógeno. Numerosos autores sostienen que durante el Eogeno aún subsistía una vinculación continental entre la península Antártica y el extremo sur de Patagonia. Ello no solo favorecía intercambios entre ambos continentes sino

que configuraba una barrera limitante de la circulación oceánica entre el Atlántico y el Pacífico. Esta situación, sumada a condiciones paleoclimáticas templadas a cálidas fueron los factores que facilitaron la circulación de aguas con temperaturas parecidas en un Atlántico de menores dimensiones y en el cual corrientes ecuatoriales, como la actual Corriente del Brasil, debieron llegar hasta áreas más australes.

En ese marco puede explicarse la abundante fauna de moluscos vinculada a la depositación de carbonatos que se desarrolló a lo largo del litoral marino, como asimismo penetró en el ámbito de la costa uruguaya-mesopotámica, por lo menos, hasta el Mioceno medio.

Esta situación debió hacerse modificada sustancialmente con la definitiva apertura del Pasaje de Drake, fruto del derrumbe del puente continental patagónico-antártico y el desarrollo del Arco del Scotia. Ello favoreció el desarrollo de la Corriente Circumpolar Antártica (CCA), trayendo aparejado el brusco enfriamiento del Atlántico sur, detalle que ha quedado registrado, con importantes depósitos de nanofósiles propios de aguas frías en el Banco de Eswing. Para Barker y Burrell (1982) este acontecimiento debió haber ocurrido entre fines del Oligoceno e inicios del Mioceno lo que, de alguna manera, puede contribuir a la explicación del porqué es tan abundante el desarrollo de las faunas de moluscos en tiempos anteriores al Mioceno superior.

Conclusiones

Debe reconocerse a la Formación Paraná conforme a su estratotipo aflorante en la ciudad homónima y a los datos de subsuelo identificados en la misma zona. En ese aspecto debe promoverse la eliminación del uso de términos ambiguos y sinónimos informales tales como «paranense», «entrriense», tanto en la región tipo como en las diferentes regiones de Argentina, que fueron utilizadas para definir la transgresión del Mioceno, ya que en su aplicación original solo representan un acontecimiento puntual de la sección superior aflorante, no de la totalidad de la sección marina.

De allí que el indiscriminado uso en el resto del territorio nacional no solo complicó la correlación geológica, sino que llevó a confusión interpretativa. Valga esta misma conclusión para los términos litoestratigráficos equivalentes o algo más antiguos del área patagónica, que representan depósitos ocurridos durante el acontecimiento eustático acaecido en el Atlántico sur con posterioridad a la apertura del Pasaje de Drake.

En ese sentido debe señalarse que tanto la Formación Paraná como las unidades equivalentes tienen una historia común a partir del Mioceno inferior-medio, lo que no invalida que el acontecimiento eustático que los originó pudiera haberse iniciado en tiempos previos, hasta del Oligoceno superior. Los depósitos continentales que le sirven de base (Formaciones Fray Bentos-Olivos-Elvira) solo tienen incidencia en la Pampasia-Mesopotamia y en sectores restringidos de la plataforma continental: situación que asimismo se verifica en los que le sirven de techo (Formaciones Ituzaingó-Río Negro-Santa Cruz).

Es posible que el avance del mar sobre el continente debió estar limitado por la máxima altura que éste logró y por cuestiones topográficas resultantes de una paleogeografía no demasiado diferente de la actual. Los depósitos carbonáticos-fosfáticos y la dispersión de la fauna asociada debió estar condicionada por corrientes marinas cálidas que, para esos tiempos, alcanzó latitudes más altas que las actuales. Ellas favorecieron el desarrollo de estructuras arrecifales (de carbonatos y de moluscos) como las que caracterizan determinados niveles de Paraná,

Camacho, Península Valdés y Comodoro Rivadavia. Por último debe señalarse que la actual disponibilidad de datos litoestratigráficos y paleontológicos en un marco regional no facilitan dar sustento a la idea que postula una eventual conexión marina entre la cuenca del Amazonas y la de la Mesopotamia-Pampasia.

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. 1976. Consideraciones estratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. *Acta Geológica Lilloana* 13: 91-118.
- Aceñolaza, F.-G. y Aceñolaza, G., 2000. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 64: 209-233. .
- Aceñolaza, F.G., Lech, R. y Griznik, M.M. 1997. Icnofacies *Skolithos-Ophiomorpha* en el Terciario marino del valle inferior del Río Chubut, Chubut, Argentina. *3ª Jornadas de Comunicaciones de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo*: 100.
- Aceñolaza, P.G. y Aceñolaza, F.G., 1996. Improntas foliares de una Lauracea en la Formación Paraná (Mioceno Superior), en Villa Urquiza, Entre Ríos. *Ameghiniana* 33 (2): 155-159.
- Alonso, R. 2000. El Terciario de la Puna en tiempos de la ingresión marina paranense. *Correlación Geológica* 14: 163-180.
- Ameghino, F., 1898. Sinopsis geológica-paleontológica. Segundo Censo de la República Argentina. 1.
- Ameghino, F., 1906. Les formations sédimentaires du Cretacé superieur et du Tertiaire de Patagonie avec un parallele entre leurs faunes mammalogiques et celles de l'ancienne continent. *Anales del Museo Nacional Historia Natural Buenos Aires*, 15 (3ra serie) 1-568.
- Anzótegui, L.M. y Garralla, S.S., 1986. Estudio Palinológico de la Formación Paraná (Mioceno Superior), Pozo "Josefina", Provincia de Santa Fe, Argentina. *Facna* 6: 101-178.
- Barker, P. y Burrell, J. 1982 The influence upon Southern Ocean Circulation, sedimentation and climate of the opening of Drake Passage. En: Craddock, C. (ed) *Antarctic Geosciences. IUGS Series B. 4. University of Wisconsin Press* 377-385.
- Barreda, V. y Palamarczuk, S., 2000. Palinomorfos continentales y marinos de la Formación Monte León en su área tipo, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 37 (1): 3-12.
- Battaglia, G., 1946. Contribución al conocimiento geológico de la zona de Hernandarias. *Tesis doctoral Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales Universidad Nacional de Córdoba*. Inédita. 140 pp.
- Belosi, E. 1996 Arrecifes de ostras gigantes en depósitos de albufera de la Formación Chenque (Mioceno inferior, Cuenca San Jorge). *Actas 6ª Reunión Argentina de Sedimentología*. 175-180.
- Bertels-Psotka, A. 1970. Sobre el piso «Patagoniano» y la representación de la época del Oligoceno en Patagonia austral (República Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 25 (4):
- Bertels-Psotka, A., 2000. Ostracodos (Arthropo, Crustacea) de hábito limnico de la Formación Collón-Cura, provincia de Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 37 (1): 39-46.
- Bertels, A. y Zabert, L. 1980 Microfauna del Grupo Santa María (Terciario Superior) en las provincias de Catamarca y Tucumán, República Argentina. *Actas 2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 3, 67-73.
- Boltsovskoy, E. 1979 Paleocanografía del Atlántico sudoccidental desde el Mioceno, según estudios foraminiferológicos. *Ameghiniana* 16:3-4: 357-389.
- Boltsovskoy, E. 1991 Ihering's hypothesis in the light of foraminiferological data. *Lethaia* 24: 191-198.
- Bonarelli, G. y Nágera J.L., 1913. Informe preliminar sobre un viaje de investigación geológica a las provincias de Entre Ríos y Corrientes. *Boletín de la Dirección General de Geología, Minas e Hidrología*, 5.
- Borchert, A., 1901. Die Molluskenfauna und das Alter der Paraná-Stufe. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 14: 1-78.
- Bravard, A., 1858. Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná. *Imprenta del Registro Oficial*. 107 pp. *Paraná*. (Reimpresión Imprenta del Congreso de la Nación, 1995).
- Camacho, H., 1967. Las transgresiones del Cretácico Superior y Terciario de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 12 (4): 253-280.
- Casadio, S., Feldman, R. y Foland, K. 2000 40Ar/39Ar age and oxygen isotope temperature of the Centinela formation, southwestern Argentina: An Eocene age for crustacean-rich «Patagonian» beds. *Journal South American Earth Sciences*. 13(1-2), 123-132.
- Cazau, L., 1980. Cuenca de Ñirihuau-Ñorquinco-Cushamen. En: Academia Nacional de Ciencias (Ed.) *Geología Regional Argentina. Publicación especial Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 2: 1149-1171.
- Cione, A.; Azpelicueta, M.; Bond, M.; Carlini, A.; Casciotta, J.; Cozzuol, M.; de la Fuente, M.; Gasparini, Z.; Goin, F.; Noriega, J.; Scillato Yané, G.; Soibelson, L.; Tonni, E.; Versi, D. y Vucetich, M. 2000. The Miocene vertebrates from Paraná, eastern Argentina. *INSUGEO, Serie Correlación Geológica*, 14.
- Cordini, I.R., 1949. Contribución al conocimiento de la geología económica de Entre Ríos. *Anales de la Dirección Nacional de Minería*. 2: 1-78. .

- Darwin, Ch.R., 1846. Geological observations on South America, being the third part of the geology of the voyage of the "Beagle" during 1832 to 1836. *Smith Elder*, Londres. pp 279.
- del Río, C., 1991. Revisión sistemática de los bivalvos de la Formación Paraná (Mioceno Medio) provincia de Entre Ríos. *Monografía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 7: 1-93.
- D'Orbigny, A., 1842. Voyage dans l'Amerique Meridionale. Pitoislevrautet et cie, Volume 3 Paleontologie. Paris.
- Döering, a., 1882. Informe oficial de la comisión científica agregada al Estado Mayor General de la expedición al Río Negro (Patagonia). Tercera parte (Geología). *Ed. Oficial*. Buenos Aires. 300-490.
- Feagle, J., Brown, T., Swisher, C. y Buckley, G., 1995. Age of the Pinturas and Santa Cruz Formation. *Actas del 6° Congreso Argentino y Bioestratigrafía*. 1: 129-135.
- Feruglio, E., 1938. Relaciones estratigráficas entre el Patagoniano y el Santacruciano en la Patagonia Austral. *Revista del Museo de La Plata. Nueva Serie 1 (Geología 4)*: 129-159.
- Feruglio, E., 1949. Descripción Geológica de la Patagonia. Publicación especial Dirección General YPF, Buenos Aires. 3 tomos.
- Frenguelli, J., 1920. Geología de Entre Ríos. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 24: 55-256.
- Frenguelli, J., 1947. Nota de geología entrerriana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 12 (2): 127-140.
- Furque, G. y Camacho, H., 1972. El Cretácico superior y terciario de la Región Austral del lago Argentino (Provincia de Santa Cruz). *Actas de las 4º Jornadas Geológicas Argentinas* 3: 61-75.
- Gentili, C.A. y Rimoldi, H.V. 1979 Mesopotamia. En: Academia Nacional de Ciencias en Córdoba (Ed.) *Geología Regional Argentina* 1, *Publicación especial de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 185- 223.
- Groeber, G. 1961. Contribución al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. *Anales Comisión de Investigaciones Científicas*, Provincia de Buenos Aires, 2: 9-54.
- Gonzalez Bonorino, F., 1986. Geología de la Patagonia. Estudio Regional de la Cordillera Andina. Vertientes Atlántica y Pacífica, entre los paralelos 40° y 52° de latitud sur. *Capricornio* 1 (1): 1-38.
- Guerstein, G. y Guler, M., 2000. Bioestratigrafía basada en quistes de dinoflagelados del Eoceno-Mioceno del pozo YPF Ombucta x-1, cuenca del Colorado, Argentina. *Ameghiniana* 37 (1): 81-90.
- Haller, M. y Mendía, J., 1980. Las sedimentitas del ciclo Patagoniano en el litoral atlántico nordpatagónico. En: Mendía, J.E. y Bayarsky, A., 1981. Estratigrafía del Terciario en el valle inferior del río Chubut. *Actas del 8º Congreso Geológico Argentino*, 3: 593-606.
- Herbst, R. (1971) Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 26:2, 221-243.
- Herbst, R., y Santa Cruz, J., 1999. Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. *D'Orbignyana* 2 (Segunda Edición): 1-68.
- Herbst, R. y Zabert, L. L., 1987. Microfauna de la Formación Paraná (Mioceno Superior) de la Cuenca Chaco-Paranaense (Argentina). *Facena* 7: 165-206.
- Ihering, H. von., 1907. Les Mollusques fossiles du Tertiaire et du Cretacé Superieur de l'Argentina. *Anales Museo Nacional de Historia Natural*. Serie 3 (7): 1-611.
- Ihering, H. von 1927 Die Geschichte des Atlantisches Ozeans. *Ed. Fischer-Jena*. 237 pp.
- Iriondo, M. Análisis ambiental de la Formación Paraná en su área tipo. *Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba* 2: 1-2, 19-23.(1973)
- Kantor, M. 1925. La Formación Entrerriana, *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 50: 2, 35-66.
- Lizuin, A. y Sepúlveda, E. 1979. Geología del Gran Bajo del Gualicho (provincia de Río Negro). *Actas 7º Congreso Geológico Argentino* 1: 407-422.
- Lutz, A.I., 1981. *Entrerrioxylon victoriensis* nov. gen. et sp. (Leguminosae) del Mioceno Superior (Formación Paraná) de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 4: 21-29.
- Malumíán, N. 2000 La sedimentación y el volcanismo terciarios en la Patagonia extraandina. En: Caminos R. (Ed.) Geología Argentina. *SEGEMAR Anales* 29 (18) 557-612.
- Malumian, N. y Nañez, C. 1998. El género *Transversigerina* y la edad de la transgresión patagónica. *Actas 10 Congreso Latinoamericano de Geología y 6 Congreso Nacional de Geología Económica*. 1, 285-290.
- Marengo, H. 2000. Rasgos micropaleontológicos de los depósitos de la transgresión Entrerriense-Paranense en la Cuenca Chaco-paranense y Noroeste Argentino, República Argentina. *Correlación Geológica*, 14:
- Reig, O., 1956. Sobre la posición sistemática de *Zygoletes paranensis* Ameghino y de *Zygoletes entrerrianus* Ameghino. Con una consideración de la edad y correlación del "Mesopotamiense". *Holmbergia* 5: 12-13, 223-225.
- Rossi de García, E., 1966. Contribución al conocimiento de los Ostrácodos de la Argentina. I: Formación Entre Ríos de Victoria, provincia de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21:3, 194-208.
- Rossi de García, E., 1969 Algunos ostrácodos del Entrerriense de Paraná, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24:3, 276-280.
- Russo, A.; Ferello, R.; y Chebli, G. 1980 Llanura Chaco Pampeana. En Academia Nacional de Ciencias en Córdoba (Ed.) *Geología Regional Argentina*. 1, *Publicación Especial de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 139-183.
- Scartascini, G., 1954. El límite Plio-Pleistoceno en la Provincia de Entre Ríos. *Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales* 1 (3): 55-57.

- Scartascini, G. (1959) El banco calcáreo organógeno de Paraná. *Boletín del Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales (Ciencias Geológicas)*, 1, 16: 3.12.
- Scasso, R. y Castro, L., 1999. Cenozoic phosphatic deposits in North Patagonia, Argentina: phosphogenesis, sequence stratigraphy and paleoceanography. *Journal of South American Earth Sciences* 12: 471-487.
- Sepúlveda, E. 1983 Descripción geológica de la hoja 38i Gran Bajo del Gualicho, provincia de Rio Negro. *Boletín del Servicio Geológico Nacional*. 194. pp. 61.
- Spiegelman, P. (1971) Sedimentología del Grupo Santa María (provincias de Catamarca y Tucumán). *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 2 (1-2): 1-18.
- Stappenbeck, R. 1926 *Geologie und Grundwasser Kunde der Pampa*. Stuttgart.
- Stipanovic y Methol (1980) En Academia Nacional de Ciencias en Córdoba(Ed.) *Publicación especial de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Geología Regional Argentina* 2,
- Usera, J. y Blazquez, A., 1998. Interpretación de la dinámica poblacional de *Ammonia beccarii* (Linné, 1758) (Foraminifera, Protocista) en el Cuaternario continental de la laguna de Villena (Alicante, España). *Coloquios de Paleontología* 49: 145-167.
- Wiens, F. 1996. Dinámica del cuadro sedimentario-estructural Mesozoico-Terciario en la cuenca del Chaco Paraguayo (Triásico inferior-Pleistoceno inferior). *Memoria del 12 Congreso Geológico de Bolivia*, 2, 797-820.
- Windhausen, A., 1931. Geología Argentina. Segunda Parte. *J. Peuser Lda Buenos Aires*. Editores. 650 pp..
- Yrigoyen, M., 1969. Problemas estratigráficos del Terciario de Argentina. *Ameghiniana* 6 (4): 315-329.
- Yrigoyen, M., 1975. Geología del subsuelo y plataforma continental. In Angelelli et al (1975) Geología de la pprovincia de Buenos Aires. *Relatorio del 6º Congreso Geológico Argentino*: 139-168.
- Zabert, L.L. 1982 Nonions demens (Bik) foraminifero bentónico en el Mioceno del Valle de Santa María (Tucumán) y Selva (Santiago del Estero), Argentina. *Actas del 3 Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*. 183-195
- Zabert L.L. y Barbano, J. 1982 Microfósiles miocénicos (Formación Paraná) de Córdoba, Santiago del Estero y nuevas descripciones de Entre Ríos. *Facena* 5, 135-150.
- Zabert, L.L. y Herbst, R., 1977. Revisión de la microfauna miocena de la Formación Paraná (entre Victoria y Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos, Argentina) con algunas consideraciones estratigráficas. *Facena* 1: 131-168.
- Zambrano, I. 1972 La Cuenca del Colorado. En: A.F.Lanza (Ed) Geología Regional Argentina . *Publicación Especial Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*. 419-438.
- Zambrano, J., 1980. Comarca de la cuenca cretácica del Colorado. *Publicación Especial de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*, 2: 1033-1070.

Recibido: 15 de mayo de 2000

Aceptado: 25 de octubre de 2000

Rasgos micropaleontológicos de los depósitos de la transgresión Entrerriense-Paranense en la cuenca Chaco-Paranense y Noroeste Argentino.

Hugo Guillermo MARENGO ¹

Abstract - MICROPALAEONTOLOGICAL OUTLINES OF THE ENTRERRIENSE-PARANENSE TRANSGRESSION BEDS IN THE CHACO-PARANENSE BASIN AND THE NORTHWEST ARGENTINA. From the Middle Miocene to the Upper Miocene an extended transgression flooded a significant portion of the Argentinian territory, and it reached the south of Bolivia and Paraguay. This transgression has been generally known as the entrerriense or paranense transgression (TEP). This study summarizes all the available information about calcareous marine microfossils deposited by the TEP in the NW Argentine region, Chaco-Paranense basin, and west Mesopotamia, Argentina. 66 cores recovered from four drillings on the Diamante area, Entre Ríos province, have been analyzed, and they constitute the first subsurface study, and the first study of the complete sequence of the Paraná Fm in its type area.

Foraminiferal assemblages belong of the *Protelphidium tuberculatum* informal Zone. *P. tuberculatum* and *Ammonia parkinsoniana* are widely dominant in the studied areas. In almost all regions the microfaunas are typical of shallow and brackish waters, but in some localities of SW Entre Ríos province and central Santa Fe province, microfaunas that indicate normal marine conditions have been recognized. TEP foraminiferal assemblages are very similar to those which live today in adjacent seas, with scattered specimens of warmer water species; consequently, the water temperature should have been the same, or just a few degrees higher than at the today adjacent seas. In the Diamante area, marine sedimentation was interrupted, in the lower and middle Paraná Formation, by prograding coastal systems (probably deltaics). To the top of the section, and taking account the richness and abundance of microfossils, the sea level had reached its higher level.

The foraminiferal and ostracod geographical distribution indicate that the sea entered from the Atlantic through the Salado basin. The hypothesis here proposed argues against the faunal migration through an hypothetical intracontinental seaway connecting the Caribbean sea with the Plata region during TEP deposition, known as the "Arm of Tethys".

Key words: Chaco-Paranense Basin, Middle-Late Miocene, Marine Calcareous Microfossils, Paleogeography, Paleoenvironments, Eustatic changes.

Palabras clave: Cuenca Chaco-Paranense, Mioceno medio-tardío, microfósiles calcáreos marinos, paleogeografía, paleoambientes, variaciones eustáticas.

Introducción

Durante el Mioceno medio-tardío ?, una transgresión cubrió gran parte del territorio argentino, parte de las costas del Uruguay y del sur del Brasil, y el sur de Bolivia y Paraguay (Figura 3), reconocida en distintas Formaciones, según los autores y las regiones (Fm. Paraná en cuenca Chaco-Paranense, «arcillas verdes» en la cuenca del Salado, Fm. Barranca Final en la cuenca del Colorado, Fm. Puerto Madryn en el NE del Chubut, Fm. Macachín en la cuenca homónima, Fm San José en las provincias de Tucumán y Catamarca, Fm. Yecua en el sur de Bolivia, Fm. Camacho en el Uruguay, etc.; además es conocida con los nombres genéricos de «entrerriense» o «paranense»). En este trabajo se la denominará, en sentido amplio, Transgresión Entrerriense-Paranense (TEP). El contenido micropaleontológico de la TEP ha sido estudiado en casi todas

¹ Conicet. Laboratorio de Micropaleontología, SEGEMAR, Tte. de Fragata Benito Correa 1194 (1107), Buenos Aires, Argentina. E-mail: hmarengo@mpgeo1.gov.ar

las regiones: subsuelo de península de Valdés (Masiuk *et al.*, 1976), afloramientos del NE de la provincia de Río Negro (Malumián *et al.*, 1998), cuenca del Colorado (Malumián, 1970 y 1972; Becker y Bertels, 1980; Boltovskoy, 1980), cuenca del Salado (Malumián, 1970 y 1972), afloramientos del SO de la provincia de Entre Ríos (Rossi de García, 1966 y 1969; Pisetta, 1968; Zabert y Herbst, 1977; Zabert y Barbano, 1984), cuenca Chaco-Paranense (Zabert, 1978; Zabert y Barbano, 1984; Herbst y Zabert, 1987), afloramientos de las provincias de Tucumán y Catamarca (Bertels y Zabert, 1980; Gavriloff *et al.*, 1998), y del sur de Bolivia (resumen en Marshall *et al.*, 1993).

Se resume toda la información disponible sobre los foraminíferos y ostrácodos de la cuenca Chaco-Paranense, Noroeste Argentino y sur de Bolivia, y se analiza su significado paleoambiental y su distribución geográfica.

Si bien existen varios estudios sobre las microfaunas del SO de Entre Ríos, y en consecuencia el conocimiento de su composición taxonómica es extenso, corresponden en todos los casos a perfiles de afloramientos en los que no afloran las secciones inferiores ni los contactos basales de la Formación Paraná. Para subsanar esta falta, se estudiaron los microfósiles de los testigos de cuatro perforaciones de la zona de Diamante.

Sobre la base de la comparación de todas las microfaunas conocidas en la región se intenta establecer la dinámica de las poblaciones de microfósiles, su distribución geográfica y estratigráfica, y las características generales de la transgresión.

Materiales y métodos

En el cuadro de distribución general de la cuenca Chaco-Paranense, y en el apéndice, se ha mantenido la sinonimia original con la menor cantidad posible de variantes; sólo aquellos taxones que a criterio del autor son idénticos se unificaron bajo un único nombre. Los géneros de los foraminíferos han sido actualizados según Loeblich y Tappan (1988); para los ostrácodos se mantienen los géneros dados por los autores que los reconocieron previamente en la región.

Los foraminíferos se determinaron mediante la comparación con material de la colección de micropaleontología del SEGEMAR y con la bibliografía específica. La determinación de los ostrácodos es preliminar, debido a que sólo se contó con material bibliográfico.

Se seleccionaron los testigos de las perforaciones más profundas, y con una mayor densidad en la toma de las muestras. De los numerosos testigos de perforación de la provincia de Entre Ríos depositados en el repositorio del SEGEMAR, los de la zona de Diamante resultaron los más apropiados. El muestreo fue realizado por el método de la cuchara; debido a que los intervalos de la toma de las muestras son muy irregulares, se estudiaron varias perforaciones, con el fin de obtener una sección promedio representativa de la zona de Diamante.

No se conoce la ubicación geográfica exacta de las perforaciones; de Puerto Diamante 1, 2, y 3 se conocen las cotas, medidas en metros sobre el cero del mareógrafo del Riachuelo; de la perforación Diamante 1 no se conoce dato alguno. Se asume que todas las perforaciones fueron realizadas lo suficientemente cercanas entre sí, de modo que no poseen diferencias estratigráficas importantes. Las mayores diferencias entre los perfiles se atribuyen a la cota a que fueron realizadas las perforaciones, con la lógica variación en el espesor de la cubierta cuaternaria reciente. La información obtenida de la descripción de los testigos de perforación, se complementó con los perfiles de superficie de Pisetta (1968) y Zabert y Herbst (1977).

El procesamiento de las muestras fue el habitual en los estudios micropaleontológicos:

desagregado con agua oxigenada 20 vol. durante 24 hs., lavado en tamiz de 62,5 micrones, separación de todos los ejemplares de microfósiles de la fracción mayor a 62,5 micrones bajo lupa binocular. Se estudiaron muestras de peso estándar, con el objetivo de facilitar la comparación entre las diferentes asociaciones.

Antecedentes

Todos los trabajos previos sobre la micropaleontología de la Fm. Paraná y equivalentes poseen características similares, ya que solamente se realizaron estudios sistemáticos, y no se conocen la abundancia relativa ni la variación vertical de los diferentes taxones (Cuadro 1).

En los afloramientos del SO de la provincia de Entre Ríos, Rossi de García (1966 y 1969), Pisetta (1968), Zabert y Herbst (1977), y Zabert y Barbano (1978), hallaron microfaunas de ostrácodos y foraminíferos caracterizadas por su baja a moderada diversidad, indicadoras de



Figura 1. Ubicación de las localidades fosilíferas citadas en el texto, modificado de Herbst y Zabert, 1987.

ambientes marinos muy someros, normales a hiposalinos, y de una temperatura similar o algo superior a la actual para los mares adyacentes. Los foraminíferos pertenecen a la zona informal o hemerozona de *Protelphidium tuberculatum* (Malumián, 1970).

Zabert (1978) y Herbst y Zabert (1987) estudiaron las microfaunas de la Formación Paraná en el subsuelo de la provincia de Santa Fe. Sus resultados paleoambientales y paleoecológicos coinciden plenamente con los dados para el SO de Entre Ríos, aunque la composición taxonómica indicaría una profundidad del mar levemente mayor y una salinidad más cercana a la normal, principalmente por la aparición de los géneros *Globigerina*, *Bolivina* y *Bulimina*, y por una mayor diversidad de foraminíferos miliólidos.

Las microfaunas del subsuelo de las provincias de Córdoba y Santiago del Estero (Zabert y Barbano, 1984; Herbst y Zabert, 1987), de Corrientes, Chaco, y Formosa (Herbst y Zabert, 1987), y de afloramientos del valle de Santa María, provincia de Tucumán (Bertels y Zabert, 1980; Gavrilloff *et al.*, 1998) están marcadamente empobrecidas en diversidad, y son características de aguas muy hiposalinas, con un dominio casi exclusivo de *P. tuberculatum* y *Ammonia parkinsoniana*.

Marshall *et al.* (1993) resumen los hallazgos micropaleontológicos, inéditos, en el sur de Bolivia. Estos se restringen solamente a una especie de foraminífero bentónico de amplia tolerancia a los cambios de salinidad, *A. parkinsoniana*, y a dos géneros de ostrácodos de agua dulce.

Por último, Malumián (1970 y 1972) estudió los foraminíferos del “entrerriense” del subsuelo de la cuenca del Salado, depósitos que si bien no se incluyen en la presente contribución, están íntimamente ligados a los del sur de la cuenca Chaco-Paranense. Este autor describió microfaunas muy similares a las del sur de las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, aunque más diversas y con una mayor cantidad de foraminíferos planctónicos, y corresponderían a un mar menos restringido y más profundo. Agrupó estos foraminíferos en la zona informal o hemerozona de *P. tuberculatum*, caracterizada por foraminíferos bentónicos de mares someros, con una muy baja proporción de miliólidos y aglutinados, y dominada por *P. tuberculatum*, *Criboelphidium discoidale*, *Buccella peruviana campsi* y *Hanzawaia boueana*.

Sobre la base de los antecedentes citados se puede resumir que:

- La TEP fue un mar somero, con una marcada disminución de la salinidad y la profundidad, desde la cuenca del Salado hacia el noroeste y noreste Argentino, y Bolivia; la temperatura del mar fue similar o levemente superior a la de los mares adyacentes en la actualidad. La fauna de la zona informal de *P. tuberculatum*, característica de la cuenca del Salado y del sur de la cuenca Chaco-paranense, se empobrece rápidamente hacia el interior del continente, reduciéndose a muy pocas especies, generalmente tolerantes a las bajas salinidades, entre las que dominan ampliamente *A. parkinsoniana* y *P. tuberculatum*.

- La ausencia de fósiles guía, no ha permitido precisar la edad de la TEP en la región considerada. Los diversos autores la han atribuido, en forma amplia, al Mioceno, más probablemente al Mioceno medio-tardío. La datación más confiable hasta la actualidad es la dada por Malumián (1970 y 1972), que sobre la base del hallazgo de *Cassigerinella chipolensis* (Cushman y Ponton) y *Globigerina woodi woodi* Jenkins, ubicó al “entrerriense” de la cuenca del Colorado, en el Mioceno medio, aunque considera que los depósitos de la cuenca del Salado serían del Mioceno tardío.

- El conocimiento del contenido micropaleontológico de la TEP en la cuenca Chaco-paranense y el noroeste Argentino es bastante amplio en cuanto a la composición taxonómica, pero en ningún caso se han proporcionado cuadros de distribución completos ni los valores numéricos de los ejemplares hallados.

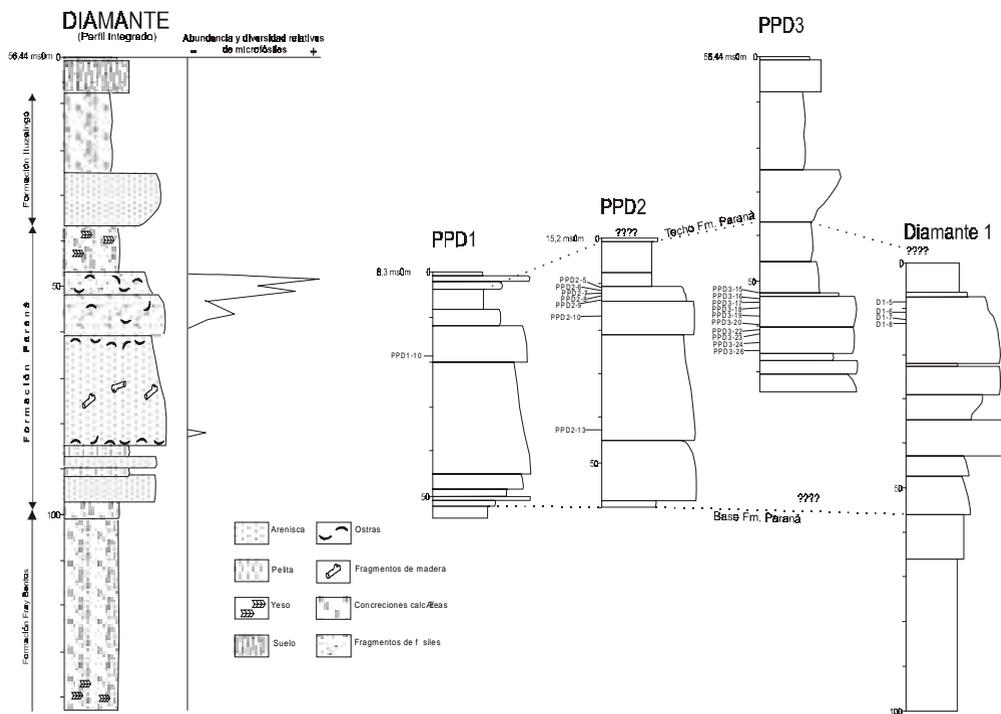


Figura 2. Perfil idealizado, válido para la zona de Diamante, provincia de Entre Ríos; perfiles de los pozos Puerto Diamante 1, 2, y 3, y Diamante 1.

Microfósiles del subsuelo de Diamante

Como se expuso anteriormente, los estudios micropaleontológicos del SO de Entre Ríos son abundantes, aunque todos fueron realizados en secciones en las que sólo afloran unos pocos metros; por lo tanto, no se conoce el contenido micropaleontológico ni la potencia de la sección inferior.

Se han seleccionado los testigos de las perforaciones Puerto Diamante 1, 2, y 3, y Diamante 1, realizadas por la Dirección Nacional de Geología y Minería en la localidad de Diamante, provincia de Entre Ríos. Debido a la notable falta de uniformidad en la toma de las muestras, y a la diferente posición estratigráfica de las perforaciones, fue necesario realizar un perfil integrado, válido para la zona de Diamante (Figura 2), en donde se complementó la información litológica y micropaleontológica de subsuelo, con las descripciones de los perfiles de los afloramientos cercanos, realizadas por Pisetta (1968) y Zabert y Herbst (1977).

A continuación se describe el perfil integrado de la región de Diamante; las profundidades están expresadas en metros bajo boca de pozo, ubicada a 56,44 metros sobre el cero del mareógrafo del Riachuelo.

- 0,0-0,7 mbbp: Suelo castaño oscuro. Estéril.
- 0,7-7,5 mbbp: Limo masivo castaño claro, con fragmentos de tosca de unos 5 mm. Estéril.
- 7,5-25,0 mbbp: Pelita masiva castaña rojiza clara, con pequeñas concreciones calcáreas, posiblemente de tosca. Estéril.
- 25,0-37,0 mbbp: Arenisca masiva gris amarillenta de grano medio, fuertemente cementada por carbonato de calcio. Estéril.
- 37,0-47,0 mbbp: Pelita verde oliva clara, ocasionalmente laminada, con concreciones calcáreas y cristales de yeso. Estéril.
- 47,0-52,0 mbbp: Arenisca gris amarillenta de grano muy fino y poco seleccionada, muy friable. Numerosos fragmentos de pelecípodos, y algunos ejemplares enteros de pequeñas ostras, de hasta 3 cm. Briozoarios, foraminíferos y ostrácodos muy abundantes; generalmente bien conservados, excepto en el caso de los foraminíferos miliólidos, parcialmente disueltos.
- 52,0-61,0 mbbp: Arenisca amarilla de grano medio y bien seleccionada, muy friable. Algunos fragmentos de ostras y otros moluscos indeterminables. Foraminíferos y ostrácodos escasos, generalmente recristalizados en diferentes grados.
- 61,0-85,0 mbbp: Arenisca amarilla a verde amarillenta de grano fino a grueso, muy friable, con delgadas intercalaciones de pelitas de tonalidades oscuras. Fragmentos de ostras muy recristalizadas en la base y el techo. Muy escasos foraminíferos y ostrácodos, muy recristalizados. En algunas muestras se hallaron fragmentos de madera muy poco mineralizada, de hasta 2 cm.
- 85,0-97,5 mbbp: Intercalaciones de arenisca limosa gris verdosa con pelita arenosa verde oliva. Estéril.
- 97,5-101,0 mbbp: Pelita castaña verdosa oscura con concreciones calcáreas. Estéril.
- 101,0-143,0 mbbp: Pelita masiva castaña rojiza oscura con concreciones calcáreas, y cristales de yeso en la base. Estéril.

Los microfósiles se distribuyen en forma similar en las cuatro perforaciones (Cuadro 2), por lo tanto se puede considerar, en líneas generales, la siguiente distribución para la zona de Diamante:

~ 47-53 mbbp: microfaunas de diversidad moderada, dominadas por *P. tuberculatum*, *A. parkinsoniana*, *H. boueana*, foraminíferos miliólidos, *Paracypris* sp., *Cyprideis camacho*, *Cyamocytheridea ovalis* y *Patagonacythere* spp. Hacia el techo del banco disminuye la diversidad, con un considerable aumento de la proporción de *H. boueana*, y la desaparición de los miliólidos y los ostrácodos.

~ 55-60 mbbp: microfaunas de diversidad y abundancia muy bajas, dominadas por *P. tuberculatum* y *A. parkinsoniana*, y con unos pocos ejemplares de *H. boueana*, *B. peruviana campsi*, *C. discoidale*, y ostrácodos.

~ 85 mbbp: muy escasos ejemplares de *P. tuberculatum* y *A. parkinsoniana*.

Discusión

i) Características generales de las microfaunas. Las características generales de las microfaunas fueron puntualizadas por varios autores, y sintetizadas, dentro de un esquema regional, por Herbst y Zabert (1987). La información obtenida durante el presente trabajo no permite rectificar ni ampliar demasiado las conclusiones paleoambientales de los trabajos previos.

En resumen, las microfaunas de la Fm. Paraná, y equivalentes, son típicas de mares muy

	Rossi de Garca, 1966	Pisetta, 1968	Zabert y Herbst, 1977	Pisetta, 1968	Zabert y Barbano, 1984	Este trabajo	Pisetta, 1968	Rossi de Garca, 1969	Zabert y Herbst, 1977	Zabert y Herbst, 1977	Zabert, 1978	Herbst y Zabert, 1987	Zabert y Barbano, 1984	Zabert y Barbano, 1984	Varios autores	Marshall et al., 1996	
	VICTORIA							DIAMANTE		PARANA	V. JURQUIZA	SANTA FE	CORRIENTES, CHACO Y FORMOSA	CORDOBA	S. DEL ESTERO	TUCUMAN	BOLIVIA
<i>C. marginalis</i>																	
<i>Caudites kennedyi</i>	•		•		•	•				•	•	•					
<i>Clithrocytheridea?</i> sp.											•	•					
<i>Copylus</i> spp.			•		•	•						•					
<i>Coquimba</i> spp.					•	•						•					
<i>Cornucoquimba lutziana</i>			•		•	•						•					
<i>Cyamocytheridea ovalis</i>	•		•		•	•						•					
<i>Cyprideis camacho</i>	•		•		•	•				•	•	•					
<i>C. herbsti</i>																•	
<i>Cyprideis</i> spp.					•	•						•				•	
<i>Cytherella (C.) damotteae</i>	•		•					•								•	
<i>Cytherella (C.) punctata</i>					•	•						•					
<i>Cytherella</i> spp.								•				•				•	
<i>Cytherelloidea</i> sp.																	
<i>Cytheretta argentina</i>	•				•	•											
<i>C. punctata</i>												•					
<i>Cytheretta</i> spp.			•		•	•					•						
<i>Cytheridea</i> spp.					•	•								•			
<i>Cytheropteron</i> aff. <i>newportense</i>	•		•		•	•											
<i>C. benedictus</i>	•				•	•											
<i>Cytheropteron</i> spp.					•	•											
<i>C. victoriensis</i>	•				•	•											
<i>Cytherura elegans</i>						•						•					
<i>C. rossiana</i>												•					
<i>Cytherura</i> sp.			•		•	•								•			
<i>Darwinula</i> sp.																•	
<i>Echinocythereis boltovskoyi</i>	•		•		•	•											
<i>Eucytherura</i> sp.					•	•											
<i>Hemicytherura costulosa</i>			•		•	•						•		•			
<i>Henryhowella alwinae</i>					•	•						•		•			
<i>H. aff. evax</i>	•		•		•	•						•		•			
<i>Henryhowella</i> spp.					•	•						•		•			
<i>Leptocythere</i> sp.					•	•											
<i>Loxococoncha paranensis</i>	•				•	•											
<i>Loxococoncha</i> sp.					•	•											
<i>Minicythere</i> sp.												•					
<i>Munseyella argentina</i>												•					
<i>Murrayina grekoffi</i>	•				•	•											
<i>Murrayina</i> sp.					•	•											
<i>Neocythereis</i> sp.					•	•						•					
<i>Paijenborchella punctacostata</i>			•		•	•						•			•		
<i>P. aff. punctacostata</i>					•	•						•					
<i>Paracypris</i> sp.					•	•						•					
<i>Paracytheridea?</i> <i>laudata</i>	•				•	•											
<i>Patagonacythere anzoteguiana</i>			•		•	•						•		•			
<i>P. paranensis</i>			•		•	•						•		•			
<i>Patagonacythere</i> spp.			•		•	•						•		•			
<i>Pellucistoma santafesinensis</i>					•	•						•					
<i>Perissocytheridea alvarezi</i>												•					
<i>P. ornata</i>						•						•		•			
<i>Perissocytheridea</i> spp.					•	•						•		•			
<i>P. victoriensis</i>			•		•	•						•		•			
<i>?Platella fragilis</i>	•				•	•						•					
<i>Pumilocytheridea herbsti</i>					•	•						•			•		
<i>Pumilocytheridea</i> sp.					•	•											
<i>Punana</i> sp.												•					
<i>Scherochilus</i> sp.												•					
<i>Trachyleberis nova</i>	•		•		•	•											
<i>Trachyleberis</i> sp.												•					
<i>Wichmanella deliae</i>			•		•	•											

Cuadro 1. Distribución de los microfósiles conocidos en el Mioceno medio-tardío, de la cuenca Chaco-

	PPD3-15	PPD3-16	PPD3-17	PPD3-18	PPD3-19	PPD3-20	PPD3-22	PPD3-23	PPD3-24	PPD3-26	PPD2-5	PPD2-6	PPD2-7	PPD2-8	PPD2-9	PPD2-10	PPD2-13	PPD1-10	D1-5	D1-6	D1-7	D1-8	
<i>Miammina</i> sp.			1																				
<i>Textularia candeiana</i>			3	2																			
<i>Textularia gramen</i>													1										
<i>Cycloforina angulata</i>				2																			
<i>Pyrgo peruviana?</i>		9	21								2		8									9	
<i>Pyrgo</i> spp.													3										
<i>Pyrgoella</i> sp.		5												2									
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>												1										3	
<i>Quinqueloculina seminulina</i>		6										1	4	9								7	
<i>Quinqueloculina</i> spp.			11									3	3							4		26	1
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	28	12	206	19	2		7	14	6	3	18	15	83	18	1	8	2	58	40	3	42	5	
<i>Bolivina</i> sp.			1																				
<i>Buccella peruviana campsi</i>		1	2	1						2	3	1	1	1									
<i>Bullinella elegantissima</i>			1	1								1											
<i>Cibicides</i> sp.	1			1																			
<i>Cibicides discoidale</i>	3	1	27	2							4	1	11						9		1		
<i>Disconorbis bulbosa</i>	1		6	2								2	5			2			1		1	2	
<i>Fissurina quadricostulata</i>											2												
<i>Guttulina lactea</i>													1										
<i>Guttulina problema</i>	1										1												
<i>Hanzawaia boueana</i>	14	9	9			3					46	9	26			3			19	1	3		
<i>Lagena</i> sp.		1																					
<i>Neoponides</i> sp.			1	1																			1
<i>Nonion</i> sp.				1																			
<i>Nonionella auricula</i>																				2			
<i>Nonionella auris</i>													1										
<i>Protelphidium tuberculatum</i>	44	25	202	39	4	7	4	1	2	4	24	16	97	19		15	1	41	60	5	39	12	
<i>Rosalina floridana</i>													1										
<i>Rosalina</i> spp.	1		2	2	2																		
Foraminíferos no determinados		11	24	11	1			1														3	
<i>Bensonina mocenica</i>												4				1							
<i>Bensonina reticulata</i>		1																			1		
<i>Buntonia entrerriensis</i>		3	5																				
<i>Buntonia</i> sp.																						1	
<i>Callistocythere litoralensis</i>						1						1											
<i>Caudites kennedyi</i>			1										7	1						2			
<i>Comucocuimba lutziana</i>			5									1	1										
<i>Oyamocytheridea ovalis</i>												2	1	1						1	1		
<i>Cyprideis carrachoi</i>				4	5							14	10	1		1		1	2	1		2	
<i>Cytherella</i> (C.) <i>punctata</i>												1											
<i>Cytheretta argentinensis</i>												4	3										
<i>Cytheretta punctata</i>				5								8	7						3	1	3		
<i>Cytheretta</i> sp.												1											
<i>Cytheropteron</i> aff. <i>newportense</i>				2									2										
<i>Cytheropteron</i> sp.				1																			
<i>Cytherura elegans</i>				1																			
<i>Echinocythereis boltovskeyi</i>																1							
<i>Henryhowella alvinae</i>				1								2								2			
<i>Henryhowella</i> aff. <i>evax</i>				2																1			
<i>Henryhowella</i> sp.				2																			
<i>Murrayina grekoffi</i>												3	13										
<i>Murrayina</i> sp.																				1			
<i>Neocytherideis</i> sp.													6										
<i>Patjenborchella</i> aff. <i>punctacostata</i>		1		1																			
<i>Paracypris</i> spp.		1		1								10	14							2			
<i>Patagonacythere anzotequiiana</i>				26									3										
<i>Patagonacythere paranensis</i>		1	4									1	5										
<i>Patagonacythere</i> spp.				17																			
<i>Pellucistoma santafesinensis</i>				3								2											
<i>Perissocytheridea ornata</i>				10																			
? <i>Platella fragilis</i>				3																			
<i>Pumilocytheridea</i> sp.												1							1				
<i>Trachyleberis nova</i>													1										
Ostracodos no determinados		13	13	1								8	12	5	1		1	1	1	1	1	7	2

Cuadro 2. Distribución de los microfósiles de las perforaciones Puerto Diamante 1, 2, y 3, y Diamante 1. Los valores expresan el total de ejemplares por muestra.

someros, generalmente hiposalinos, y de una temperatura similar a algo superior a la actual para los mares adyacentes. Se hallaron algunos foraminíferos nuevos para la región, como *Miliammina* sp., *Textularia candeiana*, *Pyrgella* sp., *Disconorbis bulbosa*, *Fissurina quadricostulata*, *Guttulina problema*, *Lagena* sp. y *Neoponides* sp., pero no permitieron obtener conclusiones paleoambientales más precisas, excepto *D. bulbosa*, foraminífero bentónico actualmente restringido a las costas del norte del Brasil, que confirmaría que la temperatura de las aguas de la TEP era levemente mayor a la actual.

Los foraminíferos dominantes en todas las zonas consideradas son *P. tuberculatum* y *A. parkinsoniana*, especies de una amplia tolerancia a las bajas salinidades (Malumián, 1978; Murray, 1991). En el sector superior de la Fm. Paraná, en la zona de Diamante, se registraron microfaunas típicas de aguas de salinidad cercana a la normal, donde la diversidad de los ostrácodos y

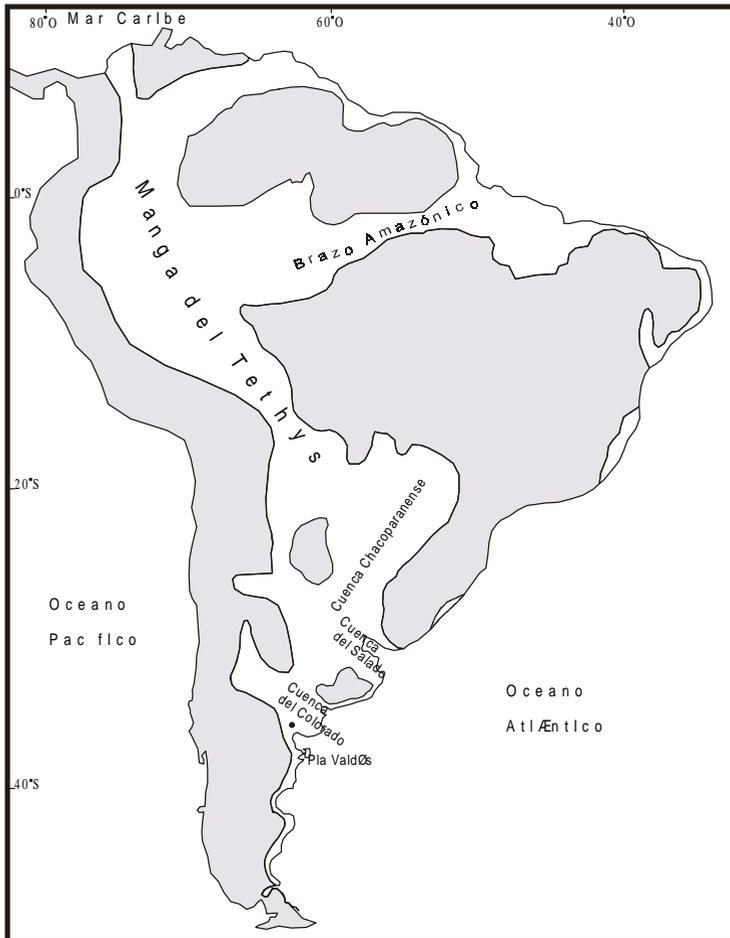


Figura 3. Paleogeografía de América del Sur Durante el Mioceno medio-tardío. Se incluye el hipotético brazo marino conocido como «Manga del Tethys». Modificado de Windhausen (1931), Uliana y Biddle (1988), y Pérez y Ramos (1996).

	Foraminiferos	Ostracodos
Cuenca del Salado	41	?
SO de Entre Rios	25	39
Santa Fe	16	24
Cordoba y Sgo. Del Estero	9	13
Corrientes, Chaco y Formosa	3	4
Tucuman y Catamarca	6	3
Bolivia	1	2

Cuadro 3. Géneros de foraminíferos y ostrácodos conocidos en diferentes regiones.

foraminíferos es máxima, y hay un notable incremento en la abundancia y diversidad de los miliólidos; en consecuencia, en este sector, la TEP habría alcanzado su máxima profundidad y el período de mayor inundación.

Las microfaunas con mayor diversidad se reconocieron en el SO de Entre Ríos y en el este de Santa Fe; hacia el NO y NE las microfaunas se empobrecen en forma notable, debido a la disminución de la profundidad del mar, y a la mezcla del agua marina con aguas dulces.

ii) La TEP en Diamante. La TEP habría comenzado, en la región de Diamante, como un lento ascenso del mar, del que sólo se registra un delgado nivel con fragmentos de ostras y muy escasos microfósiles.

Sobre este, se depositó un potente nivel de arenas gruesas a medianas, con pelitas intercaladas, características de un ambiente de transición. Frenguelli (1920), explica las intercalaciones de niveles arenosos en la Formación Paraná como producto de varios ciclos transgresivo-regresivos, mientras que Stappenbeck (1926) interpreta que fueron producidos por la progradación de un sistema deltaico sobre el ambiente costero; el hallazgo de fragmentos de madera y de intercalaciones de delgados bancos de pelitas oscuras apoyaría la interpretación de Stappenbeck (op. cit.)

Aceñolaza y Aceñolaza (1999), por otro lado, consideraron que estos niveles arenosos fueron depositados en un ambiente de dunas costeras. De todos modos, cualquiera de las dos interpretaciones indicaría muy leves desplazamientos de la línea de costa, ya sea por ligeros movimientos eustáticos, o por progradación de los sistemas costeros.

Luego, se depositaron uno o dos niveles de arenas con abundante micro y megafauna marina, equivalentes a los aflorantes en las costas de Diamante y posiblemente en todo el SO de Entre Ríos. En la parte superior se habría alcanzado el momento de mayor inundación, según se deduce de la composición y diversidad de la microfauna.

La sedimentación marina, o de transición, concluye con la depositación de un potente banco de pelitas verdes, ocasionalmente laminadas, con cristales de yeso muy bien desarrollados y concreciones calcáreas, y de un banco de arenas muy cementadas, con estructura granodecreciente.

Este conjunto señala la definitiva regresión del mar.

Por último se depositó un nuevo nivel de pelitas rojas masivas, con concreciones calcáreas, de origen indudablemente continental.

En resumen, la Formación. Paraná en la zona de Diamante, se depositó como resultado de una ingesión marina muy somera, regulada por la progradación de los ambientes costeros. Hacia la parte superior de la Formación Paraná, el mar alcanzó su máximo ascenso y expansión, tras lo cual se retiró y se restableció la sedimentación netamente continental. Si consideramos a la Fm. Paraná como el conjunto de los depósitos marinos y de ambientes de transición, de tonalidades verdosas y amarillentas, claramente diferenciados de los depósitos rojizos de origen continental, posee una potencia de unos 60 metros, de los cuales sólo afloran unos 20-25 metros.

iii) La TEP al norte de la cuenca del Salado. Los depósitos de la TEP desde el norte de la cuenca del Salado, hasta sus manifestaciones más septentrionales conocidas, en el sur de Bolivia, poseen características bastante uniformes, sobre la base de sus caracteres litológicos y micropaleontológicos. Están formados, en todos los casos, por pelitas verdes masivas y areniscas verdes a amarillentas con un mayor o un menor contenido de fósiles marinos, y frecuentes niveles ricos en yeso.

En la mayoría de los perfiles se reconocen intercalaciones, de origen continental, de areniscas fluviales amarillas a grises, o de pelitas rojizas con yeso y concreciones calcáreas. Además, en casi todas las localidades, los depósitos marinos suprayacen y subyacen a depósitos de pelitas rojizas.

Los microfósiles marinos suelen encontrarse solamente en las areniscas verdes o amarillas con megafauna, siendo raros y muy mal preservados en las pelitas verdes. Las microfaunas son propias de ambientes marinos muy someros, generalmente hiposalinos. Los foraminíferos corresponden a la zona informal o hemerazona de *P. tuberculatum* (Malumián, 1970), con un marcado empobrecimiento en la diversidad y un notable incremento en la proporción de *A. parkinsoniana*, hacia el interior continental.

La temperatura del mar fue algo superior a la actual en los mares adyacentes, según los estudios de ostrácodos (Rossi de García, 1966; Zabert y Herbst, 1977; Zabert, 1978). Las faunas de foraminíferos son muy similares a las actuales de la plataforma argentina, excepto principalmente, por *P. tuberculatum*, especie extinta, y por *D. bulbosa*, actualmente restringida al norte del Brasil. La distribución actual de esta última especie apoyaría las conclusiones paleoclimáticas obtenidas de los ostrácodos.

El mar ingresó desde el norte de la provincia de Buenos Aires, para luego extenderse hacia el centro y norte del país, y llegar hasta por lo menos, el sur de Bolivia y Paraguay (Figura 1), como indican el empobrecimiento de las microfaunas hacia el interior del continente (Cuadro 3) y la desaparición de las especies de salinidad normal, a partir de la provincia de Santa Fe. El límite oriental de la transgresión se ubicó al oeste del Uruguay y al SO de la provincia de Entre Ríos; el límite occidental está menos delimitado.

Ihering (1927), sobre la base de la notoria similitud entre las malacofaunas del mar Caribe y de la TEP, postuló la migración de algunos géneros de moluscos de aguas tropicales, desde el Caribe hacia la región del Plata, a través de un mar que habría cruzado el interior de América del Sur, de norte a sur, por la parte occidental del continente, y al que llamó la «Manga del Tethys» (Figura 3). Numerosos autores que estudiaron la TEP desde diferentes disciplinas, apoyaron la hipótesis de Ihering (Boltovskoy, 1958 y 1979, Boltovskoy y Lena, 1971 y 1974, Closs, 1962, del Río, 1990, y Pérez y Ramos, 1996, entre otros).

La distribución de los microfósiles de la TEP indica claramente que la migración de las faunas no se pudo producir a través de un mar intracontinental, (Cuadros 1 y 3), ya que el número de géneros disminuye rápidamente hacia el interior continental, conociéndose en Bolivia solamente un género de foraminífero, y dos géneros de ostrácodos de agua dulce. Por otro lado, hasta la fecha, no se hallaron las típicas faunas de moluscos afines a las del Caribe y del sur de Entre Ríos, más allá de la provincia de Santa Fe.

Es mucho más probable que las migraciones se hayan efectuado a través de la plataforma continental oriental de América del Sur, según fuera sugerido por Malumián (1970) y Sprechmann (1978).

Conclusiones

Se coincide con todos los trabajos micropaleontológicos previos, sobre las características paleoambientales y paleoecológicas de la TEP en la cuenca Chaco-Paranense y noroeste Argentino. En términos generales fue un mar somero, hiposalino, y con una temperatura igual a algo superior a la actual de los mares adyacentes. No se hallaron elementos bioestratigráficos que permitan una datación más precisa de la TEP, por lo que se considera que se produjo en el período Mioceno medio-tardío.

La Formación Paraná, en la zona de Diamante, fue depositada por un mar somero, con intercalaciones de sedimentos de un ambiente de transición, probablemente deltaico, y no como producto de varios ciclos transgresivo-regresivos. La composición taxonómica de los microfósiles del subsuelo de la provincia de Entre Ríos, es muy similar a la conocida de afloramientos, excepto por algunos géneros y especies nuevas para la región. Sobre la base de la variación vertical de las microfaunas, se identificaron dos o tres periodos de inundación. El espesor de la Formación Paraná en la zona de Diamante es de unos 60 metros, considerando las facies marinas y transicionales.

Los foraminíferos depositados por la TEP en la cuenca Chaco-Paranense y el noroeste Argentino, pertenecen a la zona informal o hemerazona de *P. tuberculatum*, con un marcado empobrecimiento de la diversidad hacia el interior continental, producto de la disminución de la profundidad y salinidad del mar. Sólo en cortos periodos se alcanzaron salinidades cercanas a las normales, en las provincias de Santa Fe y Entre Ríos. Sobre la base de la distribución geográfica de los microfósiles y moluscos se descarta su migración, desde el mar Caribe, a través del hipotético brazo marino intracontinental, conocido como la «Manga del Tethys»; la migración se habría efectuado a través de la plataforma continental oriental de América del Sur.

Agradecimientos

A las autoridades del SEGEMAR, por la cesión de los testigos de perforación; al Dr. Norberto Malumián, por sus permanentes consejos; a la Lic. Adelma Bayarsky, por su desinteresada ayuda en el procesamiento del material; y a la Dra. Andrea Caramés, por la lectura crítica del manuscrito.

Apéndice: Sistemática

La sinonimia se restringe a la cita original, no se incluyen las citas de géneros con especie indeterminada. Los géneros de los foraminíferos según Loeblich y Tappan (1988). Para los géneros de los ostrácodos se mantienen los datos en los trabajos previos sobre la Formación Paraná.

(*)En estos trabajos se brindan descripciones e ilustraciones de material hallado en el país, preferentemente en la Formación Paraná.

Foraminíferos:

- Textularia candeiana* = *Textularia candeiana* d'Orbigny, 1839. En: de la Sagra. Hist. Phys. Polit. Natur. Cuba, p. 143, lám. 1, figs. 25-27. * Boltovskoy et al., 1980. Atlas, p. 51, lám. 32, figs. 8-11.
- Textularia gramen* = *Textularia gramen* d'Orbigny, 1846. Foram. Foss. Tert. Vienne, p. 248, lám. 15, figs. 4, 6. * Zabert y Herbst, 1977, FACENA, I, p. 146, lám. 1, fig. 3.
- Cycloforina angulata* = *Miliolina bicornis* var. *angulata* Williamson, 1858. Foram. Brit., p. 88, lám. 7, fig. 196. * Zabert y Barbano, 1984, FACENA, V, p. 143, lám. 1, fig. 1.
- Pyrgo elongata* = *Biloculina elongata* d'Orbigny, 1826. Ann. Sci. Nat. France, 1 (7), p. 298, n° 4. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 109, lám. 1, fig. 6.
- Pyrgo patagonica* = *Biloculina patagonica* d'Orbigny, 1839. Voy. Amér. Mérid., 5 (5), p. 65, lám. 3, figs. 15-17. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 108, lám. 1, fig. 5.
- Pyrgo peruviana?* = *Biloculina peruviana* d'Orbigny, 1839. Voy. Amér. Mérid., 5 (5), p. 68, lám. 9, figs. 1-3. * Boltovskoy et al., 1980. Atlas, p. 44, lám. 26, figs. 1-3.
- Pyrgo ringens* = *Miliolites (ringens) subglobosa* Lamarck, 1804. Ann. Mus. Nat. Hist., 5 (9), p. 351, lám. 17, fig. 1. * Boltovskoy et al., 1980. Atlas, p. 44, lám. 26, figs. 7-9.
- Quinqueloculina* sp. aff. *Q. implexa* = aff. *Quinqueloculina implexa* Terquen, 1886. Soc. Zool. France, Bull., 11, p. 335, lám. 11, figs. 24-26. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 107, lám. 1, fig. 4.
- Quinqueloculina bicornis* = *Serpula bicornis* Walker y Jacob, 1798. Essays Microsc., p. 633, lám. 14, fig. 2. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 106, lám. 1, fig. 2.
- Quinqueloculina lamarckiana* = *Quinqueloculina lamarckiana* d'Orbigny, 1839. En: de la Sagra. Hist. Phys. Polit. Natur. Cuba, p. 164, lám. 11, figs. 14-15. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 107, lám. 1, fig. 3.
- Quinqueloculina seminulina* = *Serpula seminulum* Linnaeus, 1758. Systema Naturae, 1 (10), p. 786. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 106, lám. 1, fig. 1.
- Ammonia compacta* = *Streblus compactus* Hofker, 1964. p. 99, figs. 242-243. * Bertels y Zabert, 1980, 2° Congr. Arg. Paleo. y Bioest., Actas, 3, p. 71, lám. 1, figs. 5-6.
- Ammonia parkinsoniana* = *Rosalina parkinsoniana* d'Orbigny, 1839. En: de la Sagra. Hist. Phys. Polit. Natur. Cuba, p. 105, lám. 4, figs. 25-27. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 116, lám. 3, figs. 18a, b.
- Bolivina costata* = *Bolivina costata* d'Orbigny, 1839. Voy. Amér. Mérid., 5 (5), p. 62, lám. 8, figs. 8-9. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 112, lám. 2, fig. 12.
- Bolivina* sp. aff. *B. robusta* = aff. *Bolivina robusta* Brady, 1881. Quart. Jour., Micr. Sci., London, n. s., 21, p. 57. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 112, lám. 2, fig. 11.
- Bolivina* sp. cf. *B. spathulata* = cf. *Textularia variabilis* var. *spathulata* Williamson, 1858. Foram. Brit., p. 76, lám. 6, figs. 164-165. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 113, lám. 2, fig. 13.
- Bolivina striatula* = *Bolivina striatula* Cushman, 1922. Carnegie Inst. Washington, 311 (17), p. 27, lám. 3, fig. 10. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 111, lám. 2, fig. 10.
- Buccella peruviana campsi* = *Eponides peruvianus campsi* Boltovskoy, 1954. Inst. Nac. Inv. Cienc. Nat., Rev., Geol., 3 (3), p. 265, lám. 17, figs. 6-8.
- B. peruviana frigida* = *Pulvinulina frigida* Cushman, 1921 (1922). Canad. Biol. Fish., Contr., p. 12. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 115, lám. 2, fig. 16.
- Bulimina affinis* = *Bulimina affinis* d'Orbigny, 1839. En: de la Sagra. Hist. Phys. Polit. Natur. Cuba, p. 109, lám. 2, figs. 25-26. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 113, lám. 1, fig. 14.
- Bulimina pseudoaffinis* = *Bulimina pseudoaffinis* Kleinpell, 1938. Amer. Assoc. Petr. Geol., p. 257, lám. 9, fig. 9. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 114, lám. 2, fig. 15.
- Buliminella elegantissima* = *Bulimina elegantissima* d'Orbigny, 1839. Voy. Amér. Mérid., 5 (5), p. 51, lám. 7, figs. 13-14. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 110, lám. 1, fig. 9.
- Cancris sagra* = *Rotalia sagra* d'Orbigny, 1839. En: de la Sagra. Hist. Phys. Polit. Natur. Cuba, p. 91, lám. 5, figs. 14-15. * Zabert y Barbano, 1984, FACENA, V, p. 144, lám. 1, fig. 3.
- Cibicides variabilis* = *Truncatulina variabilis* d'Orbigny, 1839. Hist. Nat. Is. Canarias, p. 135, lám. 2, fig. 29. * Zabert y Herbst, 1977, FACENA, I, p. 145, lám. 1, fig. 9.
- Cribrøelphidium discoidale* = *Polystomella discoidale* d'Orbigny, 1839. En: de la Sagra. Hist. Phys. Polit. Natur. Cuba, p. 76, lám. 6, figs. 23-24. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 117, lám. 3, fig. 19.
- Discorbis bulbosa* = «*Discorbis*» *bulbosa* Parker, 1954. Mus. Comp. Zool. Harvard, Bull., 3 (10), p. 532, lám. 8, figs. 10-12. * Malumián, 1972, Ameghiniana, 9 (2), p. 106, lám. 6, fig. 2.
- Fissurina bicarinata* = *Fissurina bicarinata* Terquen, 1882. Soc. Géol. France, Mém., sér. 3, 2 (3), p. 31, figs. 24a, b. * Zabert, 1978,

- FACENA, II, p. 110, lám. 1, fig. 8.
- Fissurina quadricostulata* = *Lagena quadricostulata* Reuss, 1870. K. Akad. Wiss. Wien, Math.-Nat. Cl., 62 (1), p. 469, lám. 6, figs. 25-30. * Boltovskoy et al., 1980. Atlas, p. 32, lám. 16, figs. 5-7.
- Globigerina juvenilis* = *Globigerina juvenilis* Bolli, 1957. U. S. Nat. Mus., Bull., 215, p. 110, lám. 24, figs. 5a, b. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 118, lám. 3, fig. 21.
- Globulina caribea* = *Globulina caribea* d'Orbigny, 1839. En: de la Sagra. Hist. Phys. Polit. Natur. Cuba, p. 130, lám. 2, figs. 7-8. * Zabert y Barbano, 1984, FACENA, V, p. 144, lám. 1, fig. 2.
- Guttulina lactea* = *Serpula lactea* Walker y Jacob, 1798. Essays Microsc., p. 634, lám. 14, fig. 4. * Zabert y Herbst, 1977, FACENA, I, p. 145, lám. 1, fig. 7.
- Guttulina problema* = *Guttulina problema* d'Orbigny, 1826. Ann. Sci. Nat. France, sér. 1, 7, p. 266, n° 14, fig. 61. * Malumián, 1972, Ameghiniana, 9 (2), p. 104, lám. 2, fig. 12.
- Hanzawaia boueana* = *Rosalina bertheloti* d'Orbigny, 1839. Hist. Nat. Is. Canarias, p. 135, lám. 1, figs. 28-30. * Zabert y Barbano, 1984, FACENA, V, p. 147, lám. 1, figs. 6a, b.
- Nonion demens* f. *santamariana* = *Nonion demens* f. *santamariana* Zabert, 1982. 3° Congr. Arg. Paleo. y Bioest., Actas, p. 185, lám. 1, figs. 1a-3b; lám. 2, figs. 4a-7.
- Nonionella atlantica* = *Nonionella atlantica* Cushman, 1947. Cushman Lab. Foram. Res., Contr., 28, pt. 4, p. 90, lám. 20, figs. 4-5. * Zabert y Barbano, 1984, FACENA, V, p. 146, lám. 1, fig. 5.
- Nonionella auricula* = *Nonionella auricula* Heron-Allen y Earland, 1930. Foram. Plymouth, p. 192, lám. 5, figs. 68-70. * Zabert y Barbano, 1984, FACENA, V, p. 145, lám. 1, fig. 4.
- Nonionella auris* = *Valulina auris* d'Orbigny, 1839. Voy. Amér. Mérid., 5 (5), p. 47, lám. 2, figs. 15-17. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 119, lám. 3, fig. 22.
- Protelphidium tuberculatum* = *Nonionina tuberculata* d'Orbigny, 1846. Foram. Foss. Tert. Vienne, p. 108, lám. 5, figs. 13-14. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 117, lám. 3, fig. 20.
- Rosalina floridana* = *Discorbis floridanus* Cushman, 1922. Carnegie Inst. Washington, 311 (17), p. 39, lám. 5, figs. 11-12. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 115, lám. 2, fig. 17.

Ostrácodos:

- Bensonina miocenica* = *Bensonina miocenica* Rossi de García, 1969. Proc. 3rd Afr. Micropal. Coll. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 121, lám. 4, figs. 24a, b.
- Bensonina reticulata* = *Bensonina reticulata* Zabert, 1978, FACENA, II, p. 121, lám. 4, fig. 25; lám. 8, figs. 53a, b.
- Bradleya* aff. *prodityonites* = aff. *Bradleya prodityonites* Benson, 1972. Smith. Contr. Paleobiol., 12. * Zabert y Herbst, 1977, FACENA, I, p. 154, lám. 2, fig. 3.
- Buntonia entrerriensis* = *Buntonia entrerriensis* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 199, lám. 1, figs. 2a, b.
- Callistocythere litoralensis* = *Perissocythereidea litoralensis* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 206, lám. 2, figs. 3a, b, c.
- Callistocythere marginalis* = *Callistocythere marginalis* Zabert, 1978, FACENA, II, p. 134, lám. 6, fig. 40; lám. 9, figs. 61a, b, c, d.
- Caudites kennedyi* = *Caudites kennedyi* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 203, lám. 3, figs. 2a, b.
- Cornucoquimba lutziana* = *Cornucoquimba lutziana* Zabert, 1978, FACENA, II, p. 143, lám. 7, fig. 48; lám. 8, figs. 58a, b, c, d.
- Cyamocythereidea ovalis* = *Cyamocythereidea ovalis* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 203, lám. 4, figs. 4a, b.
- Cyprideis camacho* = *Cyprideis camacho* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 202, lám. 1, fig. 5a.
- Cyprideis herbsti* = *Cyprideis herbsti* Bertels y Zabert, 1980. 2° Congr. Arg. Paleo. y Bioest., Actas, 3, p. 70, lám. 1, figs. 1a, b, 2a, b, 3.
- Cytherella* (C.) *damotteae* = *Cytherella* (Cytherelloidea) *damotteae* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 207, lám. 1, figs. 1a, b.
- Cytherella* (C.) cf. C. (C.) *punctata* = cf. *Cytherella* (C.) *punctata* Brady, 1866. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 145, lám. 7, fig. 52.
- Cytheretta argentinensis* = *Cytheretta argentinensis* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 206, lám. 2, figs. 4a, b.
- Cytheretta punctata* = *Cytheretta punctata* Sanguinetti, 1976. * Zabert, 1978, FACENA, II, p. 122, lám. 4, fig. 26.
- Cytheropteron* aff. *newportense* = aff. *Cytheropteron newportense* Crouch, 1949. * Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 205, lám. 4, figs. 2a, b, c.
- Cytheropteron benedictus* = *Cytheropteron benedictus* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 204, lám. 4, figs. 1a, b, c.
- Cytheropteron victoriensis* = *Cytheropteron victoriensis* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 204, lám. 2, figs. 2a, b, c.
- Cytherura elegans* = *Cytherura elegans* Zabert, 1978, FACENA, II, p. 129, lám. 5, figs. 32a, b; lám. 9, figs. 59a, b, c, d.
- Cytherura rossiana* = *Cytherura rossiana* Zabert, 1978, FACENA, II, p. 130, lám. 5, fig. 33; lám. 8, fig. 56.
- Echinocythereis boltovskoyi* = *Echinocythereis boltovskoyi* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 202, lám. 2, figs. 1a, b.
- Hemicytherura costulosa* = *Hemicytherura costulosa* Zabert, 1978, FACENA, II, p. 131, lám. 6, figs. 36a, b; lám. 9, figs.

- 60a, b, c, d.
Henryhowella alwinae = *Henryhowella alwinae* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 139, lám. 7, figs. 46a, b; lám. 10, figs. 67a, b, c, d.
Henryhowella aff. *evax* = aff. *Henryhowella evax* (Ulrich y Bassler) Puri, 1957. * Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 200, lám. 1, figs. 3a, b, c.
Loxoconcha paranensis = *Loxoconcha paranensis* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 203, lám. 1, fig. 4a.
Munseyella argentina = *Munseyella argentina* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 137, lám. 7, figs. 43a, b; lám. 10, figs. 65a, b, c.
Murrayina grekoffi = *Murrayina grekoffi* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 201, lám. 3, figs. 3a, b, c, d, e.
Paijenborchella punctacostata = *Paijenborchella punctacostata* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 138, lám. 7, fig. 44; lám. 10, figs. 66a, b, c, d.
Paijenborchella aff. *punctacostata* = aff. *Paijenborchella punctacostata* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 138, lám. 7, fig. 44; lám. 10, figs. 66a, b, c, d.
Paracytheridea? laudata = *Paracytheridea? laudata* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 205, lám. 3, figs. 1a, b.
Patagonacythere anzoteguiana = *Patagonacythere anzoteguiana* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 142, lám. 7, fig. 49; lám. 10, figs. 68a, b, c.
Patagonacythere paranensis = *Patagonacythere paranensis* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 140, lám. 7, fig. 47; lám. 9, figs. 63a, b, c, d, e.
Pellucistoma santafesinensis = *Pellucistoma santafesinensis* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 136, lám. 6, figs. 42a, b; lám. 9, figs. 62a, b, c, d.
Perissocytheridea alvareziana = *Perissocytheridea alvareziana* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 126, lám. 5, fig. 30; lám. 8, fig. 56.
Perissocytheridea ornata = *Perissocytheridea ornata* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 127, lám. 5, figs. 35a, b; lám. 8, figs. 55a, b, c.
Perissocytheridea victoriensis = *Perissocytheridea victoriensis* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 125, lám. 5, figs. 29a, b; lám. 8, figs. 54a, b, c.
?*Platella fragilis* = ?*Platella fragilis* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 207, lám. 3, fig. 4a.
Pumilocytheridea herbsti = *Pumilocytheridea herbsti* Zabert, 1978. FACENA, II, p. 123, lám. 5, figs. 34a, b; lám. 10, figs. 64a, b, c.
Trachyleberis nova = *Trachyleberis nova* Rossi de García, 1966. RAGA, 21 (3), p. 200, lám. 4, figs. 3a, b.
Wichmanella deliae = *Wichmanella deliae* Bertels, 1975. Ameghiniana, 12 (3), p. 272, lám. 4, figs. 3-4. * Zabert y Herbst, 1977, FACENA, I, p. 159, lám. 3, fig. 5.

Bibliografía

- Aceñolaza, F. G. y Aceñolaza, G. F. 1999. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias (Córdoba)*, *Anales* 64: 209-233.
- Becker, D. y Bertels, A., 1980. Micropaleontología de la secuencia terciaria de la perforación Puelche (margen continental argentino). *II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires, 1978), *Actas* 2: 315-333.
- Bertels, A. y Zabert, L. L., 1980. Microfauna del Grupo Santa María (Terciario Superior) en las Provincias de Catamarca y Tucumán, República Argentina. *II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires, 1978), *Actas* 3: 67-73.
- Boltovskoy, E., 1958. The foraminiferal fauna of the Rio de la Plata and its relation to the Caribbean area. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 9: 17-21.
- Boltovskoy, E., 1979. Paleoceanografía del Atlántico sudoccidental desde el Mioceno, según estudios foraminiferológicos. *Ameghiniana*, 16 (3-4): 357-389.
- Boltovskoy E., 1980. Perforación Gil 1, provincia de Buenos Aires (foraminíferos, edad, paleoambiente). *Ameghiniana*, 17 (4): 339-362.
- Boltovskoy, E. y Lena, H., 1971. The Foraminifera (except family *Allogromiidae*) which dwell in fresh water. *Journal of Foraminiferal Research*, 1 (2): 71-76.
- Boltovskoy, E. y Lena, H., 1974. Foraminíferos del Rio de la Plata, Argentina. *Servicio de Hidrología Naval*, H 661: 1-22.
- Boltovskoy, E., Giussani, G., Watanabe, S., and Wright, R., 1980. *Atlas of Benthic Shelf Foraminifera of the Southwest Atlantic*. Dr. W. by Publishers, The Hague-Boston-London: 58 p., 36 lám., 17 figs.
- Closs, D., 1962. Foraminíferos e Tecamebas de Lagoa dos Patos (R. G. S.). *Escola de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul* (Porto Alegre), *Boletín*. 11: 1-130.
- Del Río, C. J., 1990. Comparación, origen y significado paleoclimático de la Malacofauna entrerriense. *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (Buenos Aires), *Anales* 42: 205-223.

- Frenguelli, J., 1920. Contribución al conocimiento de la Geología de Entre Ríos. *Academia Nacional de Ciencias* (Córdoba), *Boletín* 24, Entregas 1 y 2.
- Gavrilloff, I. J. C., Durango de Cabrera, J. y Vergel, M. M., 1998. Paleontología de invertebrados, paleobotánica y palinología. En: Gianfrancisco, M., Puchulu, M. E., Durango de Cabrera, J. y Aceñolaza, G. F. (Eds.), Geología de Tucumán, *Publicación Especial del Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán*, pp. 211-226.
- Herbst, R. y Zabert, L. L., 1987. Microfaunas de la Formación Paraná (Mioceno superior) de la cuenca Chaco-Paranense (Argentina). *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales del Litoral*, Revista 7: 165-206.
- Ihering, H., 1927. *Die Geschichte des Atlantischen Ozeans*. Gustav Fischer Verlag, Jena: 237 p.
- Loeblich, A. R., Jr. y Tappan, H., 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York, New York: 970 p., 847 lám.
- Malumián, N., 1970. Bioestratigrafía del Terciario marino del subsuelo de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Ameghiniana*, 7 (2): 173-204.
- Malumián, N., 1972. Foraminíferos del Oligoceno y Mioceno del subsuelo de la Provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana*, 9 (2): 97-137.
- Malumián, N., 1978. Esbozo paleoecológico de las asociaciones foraminíferológicas terciarias de la Argentina. *Ameghiniana*, 15 (1-2): 161-171.
- Malumián, N., Suriano, J. M. y Cobos, J. C., 1998. La Formación Barranca Final en su localidad tipo. Mioceno, cuenca del Colorado. *X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica* (Buenos Aires, 1998), *Actas* 1: 125-130.
- Marshall, L. G., Sempere, T. y Gayet, M., 1993. The Petaca (late Oligocene-middle Miocene) and Yecua (late Miocene) Formations of the Subandean-Chaco Basin, Bolivia, and their tectonic significance. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 125: 291-301, 2 figs., 1 lám.
- Masiuk, V., Becker, D. y García Espiase, A., 1976. Micropaleontología y sedimentología del pozo YPF.Ch.PV.es-1 (Península Valdés) Provincia del Chubut, República Argentina. *Importancia y Correlaciones. Arpel XXIV, Yacimientos Petrolíferos Fiscales* (Buenos Aires), 22 pp.
- Murray, J. W., 1991. *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific & Technical, Essex, England: 397 p.
- Pérez, D. J. y Ramos, V. A., 1996. Los depósitos sinorogénicos. En: V. A. Ramos et al. (Eds.), Geología de la Región del Aconagua, provincias de San Juan y Mendoza, *Subsecretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional de Servicio Geológico, Anales*, 24 (11): 317-341.
- Pisetta, J. L., 1968. [*Descripción de una faunula de Foraminíferos de la Provincia de Entre Ríos*] Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, Inédito).
- Rossi de García, E., 1966. Contribución al conocimiento de los ostrácodos de la Argentina. I, Formación Entre Ríos, de Victoria, Provincia de Entre Ríos. *Asociación Geológica Argentina*, Revista 21, 3: 94-208.
- Rossi de García, E., 1969. Algunos ostrácodos del Entrerriense de Paraná, Provincia de Entre Ríos, República Argentina. *Asociación Geológica Argentina*, Revista 24, 3: 276-280.
- Sprechmann, P., 1978. The Paleogeology and Paleogeography of the Uruguayan Coastal Area During the Neogene and Quaternary. *Reprinted from Zitteliana Abhandlungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie* (München) 4: 3-72, 6 lám.
- Stappenbeck, R., 1926. [*Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*. Dirección Nacional de Minería y Geología, Traducción del original, 1943 (Buenos Aires), inédito].
- Uliana, M. A. y Biddle, K. T., 1988. Mesozoic-Cenozoic Paleogeographic and Geodynamic evolution of Southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18 (2): 172-190.
- Windhausen, A., 1931. *Geología Argentina. Segunda parte: Geología histórica y regional del territorio argentino*. Editorial Peuser, Buenos Aires, 646 pp.
- Zabert, L. L., 1978. Micropaleontología de la Formación Paraná (Mioceno Superior) en el subsuelo de la Provincia de Santa Fe, República Argentina. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales del Litoral*, Revista II: 101-165.
- Zabert, L. L., 1984. *Nonion demens* (Bik), foraminífero bentónico en el Mioceno del Valle de Santa María (Tucumán) y Selva (Santiago del Estero), Argentina. *III Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Corrientes, 1982), *Actas* 183-196.
- Zabert, L. L. y Barbano, J., 1984. Microfósiles miocénicos (Formación Paraná) de Córdoba, Santiago del Estero y nuevas descripciones de Entre Ríos. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales del Litoral*, Revista 5: 135-150.
- Zabert, L. L. y Herbst, R., 1977. Revisión de la microfauna Miocena de la Formación Paraná (entre Victoria y Villa Urquiza, Provincia de Entre Ríos) con algunas consideraciones estratigráficas. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales del Litoral*, Revista 1: 131-174.

Recibido: 20 de abril de 2000

Aceptado: 1 de noviembre de 2000

Estado actual de los conocimientos sobre la Formación Camacho (Mioceno medio?-superior?, Uruguay)

Peter SPRECHMANN¹, Lorenzo A. FERRANDO², y Sergio MARTINEZ¹

Abstract - PRESENT KNOWLEDGE OF THE CAMACHO FORMATION (MIDDLE?-UPPER? MIOCENE) OF URUGUAY. A review of the present knowledge concerning the Camacho Formation (Middle? to Upper Miocene?, Uruguay) is presented. Rocks of this unit actually are found in four areas of Uruguay. The Camacho Formation was deposited during the the Paranense (or Entrerriense) Marine Transgression. The tectonic setting is analyzed as well as the lithostratigraphy of Camacho Formation with special reference to uppermost boundary (Kiyu Lithofacies). The rich fossil content of the Formation is listed, being represented by taxa of Ostracoda, Bacillariophyta, Foraminiferida, Gastropoda, Bivalvia, Echinoidea, Brachiopoda, Crustacea, Bryozoa, invertebrate trace fossils, Selachii, Reptilia, Aves and Mammalia. Deposition occurred during marginal marine and shallow marine conditions reconstructed using sedimentologic and paleoecologic criteria. Two paleogeographic littoral provinces of warm and warm-temperate waters were recognized. Different criteria indicate that the Camacho Formation originated during one or several high sea-level stands between Zones N7 and N16 of Serravallian to Tortonian age.

Key words: Camacho Formation. Miocene. Paranense. Entrerriense. Geology. Paleontology. Uruguay.

Palabras clave: Formación Camacho. Mioceno. Paranense. Entrerriense. Geología. Paleontología. Uruguay.

Introducción

Darwin (1839 y 1846) y d'Orbigny (1842) fueron los primeros que estudiaron los sedimentos que pertenecen a la hoy denominada Formación Camacho. Esta unidad equivale a parte de las anteriores denominaciones de: Formación Terciaria (Walther, 1915), Transgresión Marina Entrerriana (Kraglievich, 1928, 1932), Transgresión Entrerriana y Araucana (Teisseire, 1928), Piso Paraná (Walther, 1931), Depósitos de la Transgresión Marina Entrerriana (Lambert, 1941), Transgresión Entrerriana (Serra, 1943) y Areniscas fosilíferas de Camacho, término introducido por Caorsi y Goñi (1958). Goso y Bossi (1966) le dan rango formacional. Regionalmente la Formación Camacho ha sido cartografiada en el mapa geológico del departamento de Colonia por Serra (1943) y en las Cartas Geológicas del Uruguay a escala 1/500.000 por Caorsi (1957); 1/1.000.000 por Bossi *et al.* (1975); 1/500.000 por Preciozzi *et al.* (1985) y a 1/500.000 por Bossi *et al.* (1998). Las mejores exposiciones se ubican en el departamento de Colonia donde aflora ocupando un área relativamente pequeña. El estratotipo de la Formación, no está bien definido; Caorsi y Goñi (1958) sugieren la zona de canteras en el paraje homónimo ya descriptas por Frenguelli (1930), en tanto que Bossi y Navarro (1991) proponen el del perfil de Punta Gorda. No existe una sección en las que afloren todas las litofacies de la unidad.

¹ Facultad de Ciencias, Departamento de Paleontología, Iguá 4225, 11400 Montevideo, Uruguay. E-mails: sprechma@chasque.apc.org y smart@fcien.edu.uy.

² Geoconsultores, Messina 5277/14, 11400 Montevideo, Uruguay.
E-mail: Geoedit@adinet.com.uy

Cuenca de sedimentación

Los conocimientos disponibles permiten distinguir dentro del territorio continental uruguayo cuatro áreas de desarrollo de la Formación Camacho, siempre asociadas a su litoral sur:

(a) Desde los alrededores de la ciudad de Colonia hacia el NW hasta la altura de Nueva Palmira, donde aflora alcanzando unos 20 m de potencia y se desarrolla hasta unos 6 km. de la costa actual. Allí es el único lugar donde puede ser cartografiada a escala 1/100.000 (Fig. 1), encontrándose además las secciones tipo propuestas.

(b) En zonas desconexas en las plataformas de abrasión, playas y pie de algunas barrancas en el sur del departamento de San José, donde se desarrolla en la mitad S del mismo dentro de la fosa tectónica de Santa Lucía, cubierta por unidades más jóvenes. Da Silva (1990) asigna 42 m en la perforación N° 1394/4 ubicada en Kiyú. En la perforación Las Brujas (SL6-P1) tendría una potencia de 22 m (Coronel *et al.*, 1988). También existe un afloramiento atribuido por estos autores a la Formación Camacho situado sobre el río Santa Lucía, en las cercanías de la localidad de Las Brujas, Departamento de Montevideo.

(c) Se ha mencionado también su desarrollo en el subsuelo, aunque sin describir fósiles, en los alrededores de algunas de las lagunas del litoral atlántico. Por ejemplo, Figueiras y Broggi (1976) así como Bossi y Navarro (1991) citan 40 m en la zona de la laguna del Sauce (perforación N° 861/2); en tanto que Campal (com. pers., 1999) indica su probable ocurrencia en la laguna de Rocha, en la base de un pilar del puente.

(d) En la zona de la fosa tectónica de la Laguna Merín, la cual constituye el borde occidental de la Cuenca de Pelotas donde, aunque no aflora, se estima que alcanzaría un desarrollo importante en el subsuelo, con límites aún imprecisos. En el sondeo Chuy (N° 364) se encuentran entre -133 y -113 m. niveles fosilíferos clásicamente asignados a la Formación Camacho (Medina, 1962; Closs y Madeira, 1968; Figueiras y Broggi, 1971, 1972/73; Sprechmann, 1978a, 1980). Estos niveles fosilíferos del Mioceno se diferencian claramente de otros depósitos marginales marinos más modernos presentes en dicho pozo. Únicamente Figueiras y Broggi (1976), le asignan 53 m (entre -138 m y -85) a la formación. Sanguinetti (1980) en la perforación Jaguarão (2-PJ1-RS, Brasil), muy cerca de la frontera, a unos 135 m. de profundidad asigna unos 25 m de sedimentos fosilíferos al Mioceno. Esta perforación se encuentra cerca del extremo norte de la Cuenca de Pelotas. Allí identifica ostrácodos los cuales tipifican a la Subzona de *Krithe trinidadensis* situada en la parte superior de la Zona del ostrácodo *Henryhowella evax* del Mioceno. Estas unidades bioestratigráficas se encuentran en otras perforaciones de la Cuenca de Pelotas en Rio Grande do Sul (*op. cit.*, Figs. 13, 14, 15).

En otras perforaciones realizadas más al N en esta fosa tectónica (Puerto Gómez, La Catumbera y Rincón de Gabito) no han sido reconocidos los niveles fosilíferos que caracterizan a esta unidad.

Esta situación implica que el mayor desarrollo de la Formación Camacho se verifica dentro del estuario del Río de la Plata y hacia la plataforma continental. De acuerdo a los datos conocidos, en las perforaciones Lobo I y Gaviotín I, se habrían atravesado más de 600 m asignados a depósitos correlacionados con Camacho (Stoakes *et al.*, 1991; De Santa Ana y Ucha, 1994), definidos como arcilitas fosilíferas marinas, intercaladas con areniscas que atribuyen a prodeltas, desconociéndose las eventuales variaciones hacia las zonas continentales.

La Figura N°2 muestra el límite probable de la transgresión que originó la Formación Camacho en el territorio uruguayo; pero resulta difícil establecer además una posible distribución de isobatas o depocentros.

Tectónica

No existen estudios destinados a definir si existió actividad tectónica, y en caso afirmativo, de que tipo, en el momento del comienzo de la sedimentación y constitución de las cuencas en las cuales se desarrolló la Formación Camacho. El desarrollo de las litologías de Camacho en Uruguay ocurre dentro de las áreas de las cuencas cretácicas. Parecen corresponder a la continuación de la subsidencia de las áreas centrales de las mismas determinando la formación del proto Río de la Plata y de buena parte de su cuenca, en las que se vienen acumulando intermitentemente sedimentos a partir del Cretácico superior. La depositación de la Formación Camacho fue, además, consecuencia de al menos una transgresión marina. En el área S del Departamento de San José, se desarrolló dentro de la fosa tectónica de Santa Lucía y, según los datos preliminares disponibles, se sugiere que la paleo costa norte estuvo determinada por el horst que se ubica a la altura de la ciudad de Libertad, en tanto que por el E el límite estaría determinado por las fallas por la que actualmente corre el curso inferior del río San José.

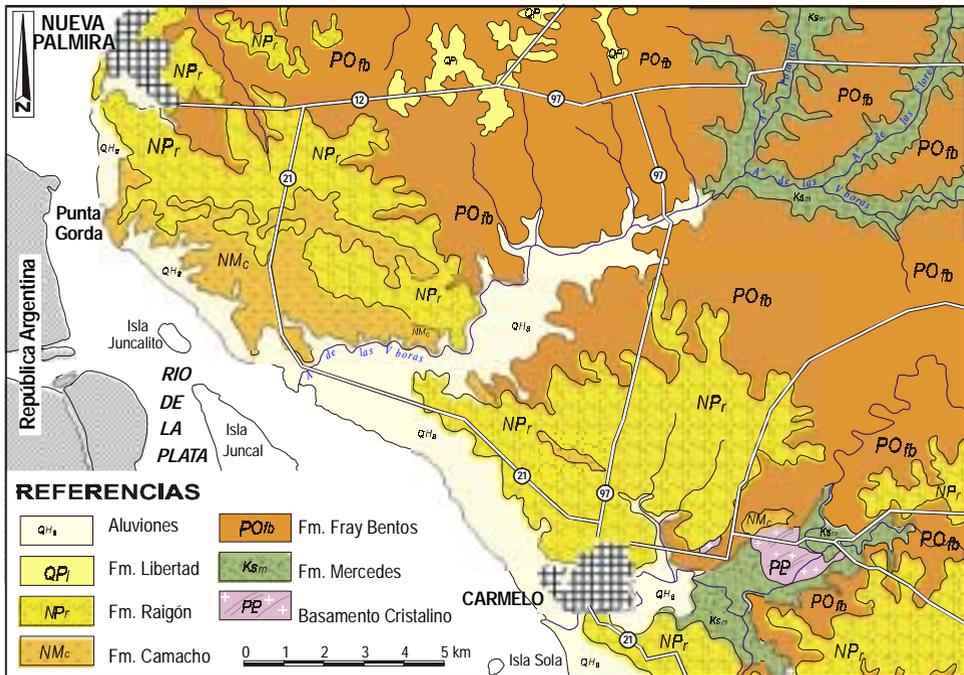


Fig. 1: Carta geológica del área NW del Departamento de Colonia con afloramientos de la Formación Camacho (Ferrando *et al.*, 1988a, b).

Las áreas en que se describe la existencia de sedimentos marinos del Mioceno a partir de perforaciones al SE del país podrían tener en algunos casos, por lo menos, una clara génesis tectónica, aunque aún no bien definida. En el caso de la fosa tectónica de la Laguna Merín, que se corresponde al borde W de la Cuenca de Pelotas, se ha evidenciado la presencia de fósiles del Mioceno en la perforación Chuy (N° 364), donde el desarrollo de las litologías consideradas estarían limitadas al N por una falla que se ubica al pie de la Sierra San Miguel, y por el S por otra

estructura tectónica que limita el granito de Santa Teresa que representa, además, el borde austral de la fosa tectónica. En la zona aledaña al sondeo Jaguarão (2-PJ1-RS), no se presentan hipótesis que expliquen su desarrollo.

En cambio se reconoce por distintos investigadores la existencia de varias etapas tectónicas post Camacho, hasta casi actuales, en particular para explicar su distribución y posición topográfica relativa actual: así el techo de la unidad se encuentra aproximadamente a: + 20 m en los alrededores de Punta Gorda, a cota prácticamente 0 en el S de San José; a -20 m en la Laguna del Sauce, y a -113 m en la perforación Chuy. En la perforación Jaguarão el nivel fosilífero aparece aproximadamente a -135 m.

Litoestratigrafía y relaciones estratigráficas

Las rocas asignadas a la Formación Camacho se apoyan en discordancia erosiva sobre otras unidades estratigráficas: litologías de naturaleza predominantemente granítica de los Terrenos Piedra Alta, Nico Pérez y Cuchilla Dionisio; basaltos de la Formación Mariscal, eventualmente en el subsuelo con riolitas de la Formación Arequita; o sedimentos cretácicos correspondientes a las Formaciones Mígues y Mercedes, pero más frecuentemente sobre las sedimentitas de la Formación Fray Bentos. Resulta, a su vez, cubierta también en forma de discordancia erosiva por las Formaciones Martín Chico, Raigón, Libertad y Barra del Chuy. En algunas áreas existen dificultades para definir el límite superior de Camacho, en particular para distinguir entre litologías de las Formaciones Camacho y Raigón en los Departamentos de Colonia y San José. Parte de este problema deriva de que los trabajos anteriores a Bossi *et al.* (1975), consideraban a todas esas unidades como sincrónicas con pasajes laterales entre ellas (Bossi, 1966). Trátase de litofacies frecuentes en la transición entre Camacho y Raigón portadoras de numerosos fósiles de vertebrados de ambientes terrestres formadas, en lo principal, por fangolitas verdes, expuestas en las barrancas y plataformas de abrasión en el Departamento de San José (Tabla I). Ha sido denominada Formación Kiyú por Francis y Mones (1965), no existiendo acuerdo acerca de su asignación litoestratigráfica. Ha sido considerada como estratigráficamente basal dentro la Formación Raigón por Goso y Bossi (1966) y Bossi y Navarro (1991). Por el contrario, De Santa Ana *et al.* (1988), Da Silva (1990), Perea (1993, 1998) y Martínez (1994a) la incluyen como la litofacies cuspidal de la Formación Camacho. Hasta tanto no se resuelva esta controversia se coincide en designarla como "litofacies Kiyú".

Actualmente esta situación tiende a resolverse por la aplicación de varios criterios:

(a) Litoestratigráficos: definidos a partir de Bossi *et al.* (1975) al caracterizar la Formación Martín Chico entre ambas y establecer a Camacho y Raigón como diacrónicas y discordantes; (b) Paleoambientales: Camacho corresponde a facies marinas, mientras que Raigón y Libertad fueron formadas en ambientes continentales (Bossi *et al.*, 1998); (c) Paleontológicos: Camacho contiene fósiles marinos los cuales tipifican, al menos, a la mayor parte de sus litofacies y permiten su separación.

En el SE del Uruguay donde no aflora, la falta de sondeos a testigo corrido, dificulta precisar las características litológicas de la Formación Camacho, y sus relaciones estratigráficas con las sobreyacentes y analizar la eventual existencia de depósitos continentales sincrónicos, existiendo varias hipótesis al respecto (Goso y Bossi, 1966; Goso, 1972; Sprechmann 1978a, Bossi y Navarro, 1991; Bossi *et al.*, 1998), que van desde la discordancia a la interdigitación, en función de las ideas de cada autor de la evolución de la costa atlántica del Uruguay desde el Mioceno hasta el Pleistoceno.

Litologías

Integran esta Formación materiales de origen detrítico: arcillitas, limolitas, fangolitas, areniscas desde muy finas a gruesas y raros conglomerados, u orgánico: lumaquelas o coquinas de muy diversa biofábrica y composición. En Punta Gorda y sus alrededores, Bossi y Navarro (1991) señalan areniscas ubicadas en la base de la Formación donde el perfil comienza con un estrato métrico, pero que llega hasta 5 en áreas cercanas, de areniscas muy finas y muy arcillosas, generalmente definidas como pelitas, macizas y de color verde a gris verdoso, que hacia arriba pasan a espesores casi decamétricos, de areniscas blancas (N9) muy finas extremadamente bien seleccionadas, muy cuarzosas, de alta esfericidad, con escaso cemento arcilloso y a veces calcáreo, en las que ocasionalmente se pueden encontrar algunos lentes fangolíticos de colores verdosos similares a los basales. La estructura de estas areniscas es poco visible, pero localmente muestran una débil estratificación paralela horizontal y escasas ondulitas. Las litologías arenosas más gruesas aparecen primero en forma de lentes de 5 a 10 cm intercalados también en las más finas ya descritas, para conformar algunos niveles de cierta extensión lateral más arriba determinando una secuencia granocreciente. Son materiales blanquecinos y presentan una composición sobre la base de cuarzo, feldespatos y fragmentos líticos, subredondeados a subangulosos. Estas areniscas se enriquecen en restos orgánicos y se han definido como lumaquelas o coquinas, que constituyen una de las litologías típicas de la Formación. Se desarrollan en la parte superior de este perfil, alcanzando unos 8 m de potencia, aunque puede desarrollarse más de un banco por intercalaciones arenosas medias de colores blanco amarillentos. Responden en general a zonas de acumulación de restos orgánicos de bivalvos y una fracción detrítica mineral correspondiente a areniscas de medias a gruesas. Dentro de estos niveles es posible encontrar estructuras de canales y estructuras cruzadas con foresets de varios metros. La recirculación del carbonato de los restos orgánicos ha determinado la cementación de estos niveles. En otros perfiles es posible encontrar lentes de areniscas gruesas dentro de los estratos finos y más de un nivel de coquinas separado por areniscas. La columna estratigráfica descrita por Sprechmann *et al.* (1994) reproducida en la Figura N° 3, muestra el predominio de fangolitas de colores verdes con frecuentes intercalaciones submétricas de areniscas muy finas y finas de color gris muy claro, a veces con estructuras hummocky, con coquinas dispuestas en estratos o en concreciones. También señalan el desarrollo de arenas macizas gris amarillentas, tipo “shifting sands”, así como biostromos y “patch reefs” en varias localidades de Colonia e incluso de San José. En la plataforma continental Stoakes *et al.* (1991) citan la ocurrencia de arcillitas gris verdosas ricas en fósiles intercaladas con areniscas glauconíticas y con lignito. La mineralogía de la fracción arcillosa de las areniscas inferiores del perfil de Punta Gorda fue definida por Goso y Bossi (1966) como compuesta por illita con algo de Fe^{+2} en su estructura, en tanto que para la Formación, en la zona comprendida entre Carmelo y Nueva Palmira, Ferrando *et al.* (1989 a y b) indican una mezcla de beidellita y montmorillonita. Los estudios petrográficos son muy escasos; Goso y Bossi (1966) señalan que las areniscas blancas inferiores del perfil de Punta Gorda, poseen el 90% de los granos entre 0,12 y 0,06 mm. Ferrando *et al.* (1989b) señalan para las areniscas la siguiente composición promedio de la fracción liviana entre 0,25 y 0,12 mm: 80% de cuarzo, 11% de feldespatos potásicos y 8% de plagioclasas. Vrba y Tófaló (1998) analizan algunas litologías arenosas y concluyen que se trata de arenas cuarzo feldespáticas y arcosas cementadas por abundante carbonato. La asociación de los minerales livianos indica procedencia desde el basamento cristalino, aunque la de los minerales pesados señala algún grado de aporte de rocas volcánicas básicas.

Paleontología

La Formación Camacho ha proporcionado numerosas especies fósiles relacionados con ambientes marinos: foraminíferos, gastrópodos, bivalvos, braquiópodos, equinoideos, ostrácodos, balanomorfos, briozoarios, icnofósiles, etc.; (Teisseire, 1928; Kraglievich, 1928; Figueiras y Broggi, 1971, 1972/73, 1976, 1987, 1988; Sprechmann, 1978a; Martínez, 1984, 1985, 1994a y b, 1989; Martínez y Durham, 1989; Martínez y Verde, 1992; Sprechmann *et al.*, 1994, 1998; Figueiras y Martínez, 1995; del Río y Martínez, 1998a,b; Martínez *et al.* 1998; Martínez, 1999; Mooi *et al.*, 2000).

En Tabla I se presenta un listado de los fósiles hallados en la Formación Camacho. Los reptiles, aves y mamíferos referidos en las localidades del Departamento de San José corresponden a la "litofacies Kiyú" (véase capítulo Litoestratigrafía y relaciones estratigráficas y Tabla I).

Ambientes de sedimentación

En lo que hace al ambiente de depositación de la Formación Camacho, todos los autores son coincidentes en que estos depósitos corresponden al borde de una transgresión marina que progresó a través de un primitivo Río de la Plata, ocupando buena parte del actual territorio argentino. Da Silva (1990) en el sur del departamento de San José y en función de la paleontología de la formación, define una asociación de ambientes marinos: litorales, infralitorales y sublitorales. La paleoecología y la sedimentología de la Formación Camacho es analizada por Sprechmann *et al.* (1994) en el Departamento de Colonia. Las interpretaciones paleoecológicas se basan en el análisis de asociaciones de invertebrados, en particular de moluscos, y por las de las icnofósiles representados por el "Grupo Crustacea", *Thalassinoides* isp. y *Ophiomorpha nodosa*, ambas con sus respectivas cámaras de incubación relacionadas con sus sistemas de galerías. Además se identifican *Chondrites* isp., *Caulostrepsis* isp., *Cylindrichnus* isp., *Teichichnus* isp., *Rhizocorallium* isp., *Gyrolithes* isp., *Muensteria* isp. y *Psilonichnus* isp. (hallada en Arazatí, Sprechmann *et al.*, 1998). En la Fig. 3 se ilustra la columna estratigráfica de la localidad de San Pedro. Las principales litofacies y asociaciones de fósiles referidas son:

(a) comunidades autóctonas, asociadas a arcillitas y fangolitas, de coloración oliva claro y gris oliva claro, depositadas en un ambiente subtidal, con régimen de baja energía, fácilmente identificables por su baja diversidad y, sobre todo, por sus icnofósiles, en particular *Thalassinoides* isp. y *Ophiomorpha nodosa*. Estas comunidades autóctonas interestratifican en las localidades de Brisas del Plata, San Pedro, Anchorena y la Negra con:

b) asociaciones en lo fundamental paraúctonas, correspondientes a eventos extraordinarios de alta energía, representados por tempestitas. Se reconocen como areniscas muy finas y finas, color gris muy claro, con coquinas, o lumaquelas, dispuestas en estratos o en concreciones, y diversas estructuras sedimentarias, destacándose aquellas diagnósticas del tipo hummocky. La existencia de tempestitas es, además, sostenida por diversos criterios bioestratinómicos. Dentro de ellas se verifica la mayor diversidad de moluscos, y de otros invertebrados, la que decrece hacia el techo, a medida que se colmata la cuenca. La tempestitas se ven afectados por diversos procesos diagenéticos, dado que actúan como núcleos de disolución y ulterior precipitación, observándose en ellas la formación de concreciones, drusas y niveles fósiles.

c) la existencia de arenas masivas, gris amarillentas, tipo "shifting sands". Caracterizan una litofacies presente, por ejemplo, en Anchorena, Cerro Bautista y Punta Gorda. Los fósiles son infrecuentes. Se conservan tests calcíticos, sobre todo de braquiópodos y pectínidos, debido a

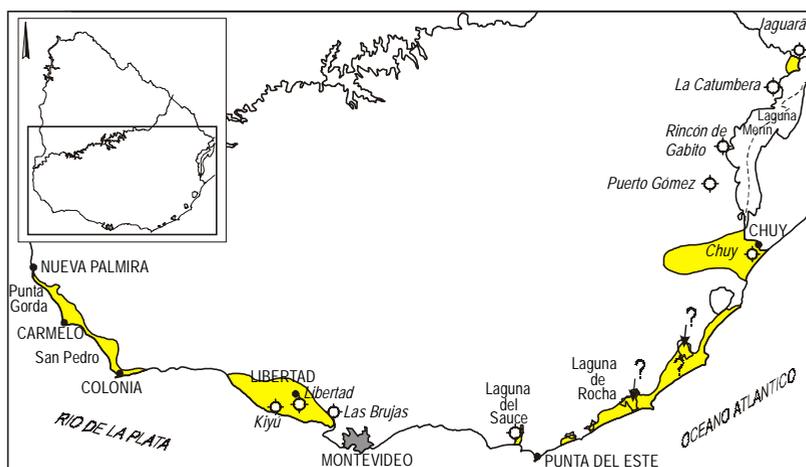


Fig. 2: Cuencas continentales en las que se preserva la Formación Camacho.

procesos de disolución diferencial, así como icnofósiles marinos.

d) En Punta Gorda, se presenta estratificación cruzada, con foresets de varios metros, constituida por conglomerados de fragmentos de conchillas y arenas muy gruesas, que se interpretan como barras asociadas a canales estuarinos.

(e) "Patch reefs" definidos por la comunidad de *Crassostrea rizophorae*, sólo identificada en el techo de la localidad de Punta Gorda la que, junto al estudio de la secuencia, atestigua el desvío del canal estuarino principal.

(f) Biostromas y "patch reefs" de ostreidos observables en Arazatí, al NW del Arroyo Sauce (Departamento de San José) descritos por Sprechmann *et al.* (1998). En el bioestroma inferior domina la bioconstrucción sobre la bioacumulación; en el bioestroma superior un sepultamiento parautóctono. Los lechos de valvas se caracterizan por la Asociación de "*Ostrea patagonica*" - *Crassostrea* sp. A su vez, los tests de los bivalvos que tipifican a la asociación, constituyen un substrato duro que permitió la colonización de epibiontes fixosésiles representados por balánidos, foraminíferos aglutinados y serpúlidos. Además son característicos los organismos perforantes (endolitos). También se halló un diente de selacio, *Myliobatidae* indet. Los biostromos se formaron por adaptaciones de ostras o "habitantes secundarios de fondos blandos" que adoptan diferentes tipos de crecimientos: a) ecofenotipos racimosos, (b) verticales, (c) irregulares, d) reclinados, etc. La presencia de los ecofenotipos puede deberse a la señalada "plasticidad morfogénica de las ostras" sobre la que actuaron rápidos cambios en los parámetros ambientales, en particular de la salinidad y de la energía, en un ambiente de depositación estuarino del tipo "fringe reefs",

El área de Arazatí es la localidad más adecuada para el estudio de los endolitos, dado que es la única en la que se conservan las relaciones de facies, describiéndose el icnofósil *Caulostrepsis* isp. y *Entobia* isp. En otras localidades de la Formación Camacho se encuentran *Conchotrema* isp., *Electra* isp. y *Spathipora* isp., *Gastrochaenolites torpedo*, *Dendrina* isp., *Ostreoblabe* isp. En las valvas de los ostreidos se observan paleopatologías tales como "mud blisters" y englobamientos calcáreos de granos de cuarzo y, además "scratch marks". Los biostromas de Puerto Arazatí, y "patch reefs" asociados, se interpretan como "fringe reefs" en los bordes del canal estuarino principal.

La Formación Camacho es apropiada para observar procesos fósil-diagenéticos (Sprechmann *et al.*, 1994). Los procesos de disolución diferencial de los tests aragoníticos hacen que las respectivas especies estén subrepresentadas en las asociaciones, preservándose en forma de moldes. Los microfósiles con test de calcita con alto contenido en Mg presentan, en su mayoría, microestructuras recristalizados. El hidroxiapatito y el hidroxi-fluorapatito poseen el mayor potencial de fosilización, lo que explica la preservación de dientes de selacios.

Una correlación paleoecológica y sedimentológica de las Formaciones Paraná y Camacho es presentada por Sprechmann y Aceñolaza (1999). Concluyen que, en lo principal, la sedimentación se verificó en sistemas depositacionales marginal-marinos estuarinos y que el principal parámetro ecológico que determinó la distribución de los organismos a escala regional fue la salinidad.

En su conjunto, las asociaciones del Departamento de Colonia pertenecen a una unidad paleozoogeográfica denominada Subprovincia Sur-Brasileña del Mioceno medio-superior, de aguas templado cálidas (Sprechmann, 1978a,b). Las asociaciones de bivalvos y gastrópodos poseen una estrecha afinidad con las de Paraná (Martínez, 1988, 1990; Del Río y Martínez, 1998a). En el área de la cuenca de la Laguna Merín, y en consecuencia con mayor influencia del océano Atlántico. Sprechmann (1978a, b) estudiando la fauna hallada en la Perforación Chuy (N° 364) entre -133 y -113 m, indica condiciones ambientales basándose en asociaciones de foraminíferos, adquiriendo especial relevancia el hallazgo del fósil de facies *Amphisteghina gibbosa*, indicador de masas de aguas tropicales que definen a la denominada "Subprovincia Miocena Norte-brasileña". Se postula un ambiente de plataforma de aguas someras, de alta energía, de salinidad normal marina.

Edad y Correlaciones

La edad de la Formación Camacho se basa en diferentes criterios que se exponen:

(a) Correlaciones con el Entrerriense y Paranense y unidades estratigráficas de Argentina: Figueiras y Broggi (1971, 1972/73), evaluando datos malacológicos consideran que la Formación Camacho pertenece al Mioceno Superior. Sin embargo, Del Río (1988, 1990, 1991) concluye que las malacofaunas de las Formación Paraná y de la Formación Puerto Madryn pertenecen al Mioceno medio. Martínez (1988, 1990, 1994a) también encuentra una relación entre las malacofaunas del Dpto. de Colonia y las de Entre Ríos. Herbst & Zabert (1979, 1987) comparten este criterio al comparar los foraminíferos bentónicos y ostrácodos con los de la Formación Paraná. Pero faltan fósiles guías que lo prueben. Perea & Ubilla (1989, 1990) en base a restos de *Selachia* proponen, igualmente, una edad Mioceno superior.

(b) Correlaciones con el Mioceno de la Cuenca de Pelotas: Closs y Madeira (1968) y Sprechmann (1978a, fig. 2, 1980) asignan los sedimentos hallados entre -133 y -122 m en la Perforación Chuy N° 364 al Mioceno estudiando foraminíferos bentónicos. La edad también puede ser inferida por foraminíferos planctónicos hallados en perforaciones de la Cuenca de Pelotas en Brasil. Indican una depositación iniciada en la Zona N7 (= Zona de *Globigerinatella insueta*), hasta la Zona N16 (presencia de *Globorotalia acostaensis*, *Globigerina nepethes* y otras especies planctónicas (Closs, 1966a,b, 1967, 1970; Bertels y Madeira Falcetta, 1977: 446). La edad proporcionada es aquí reinterpretada en base a las zonas de extensión proporcionadas por Bolli y Saunders (1985).

Como se indicara en el capítulo "Cuenca de Sedimentación", Sanguinetti (1980), en el son-

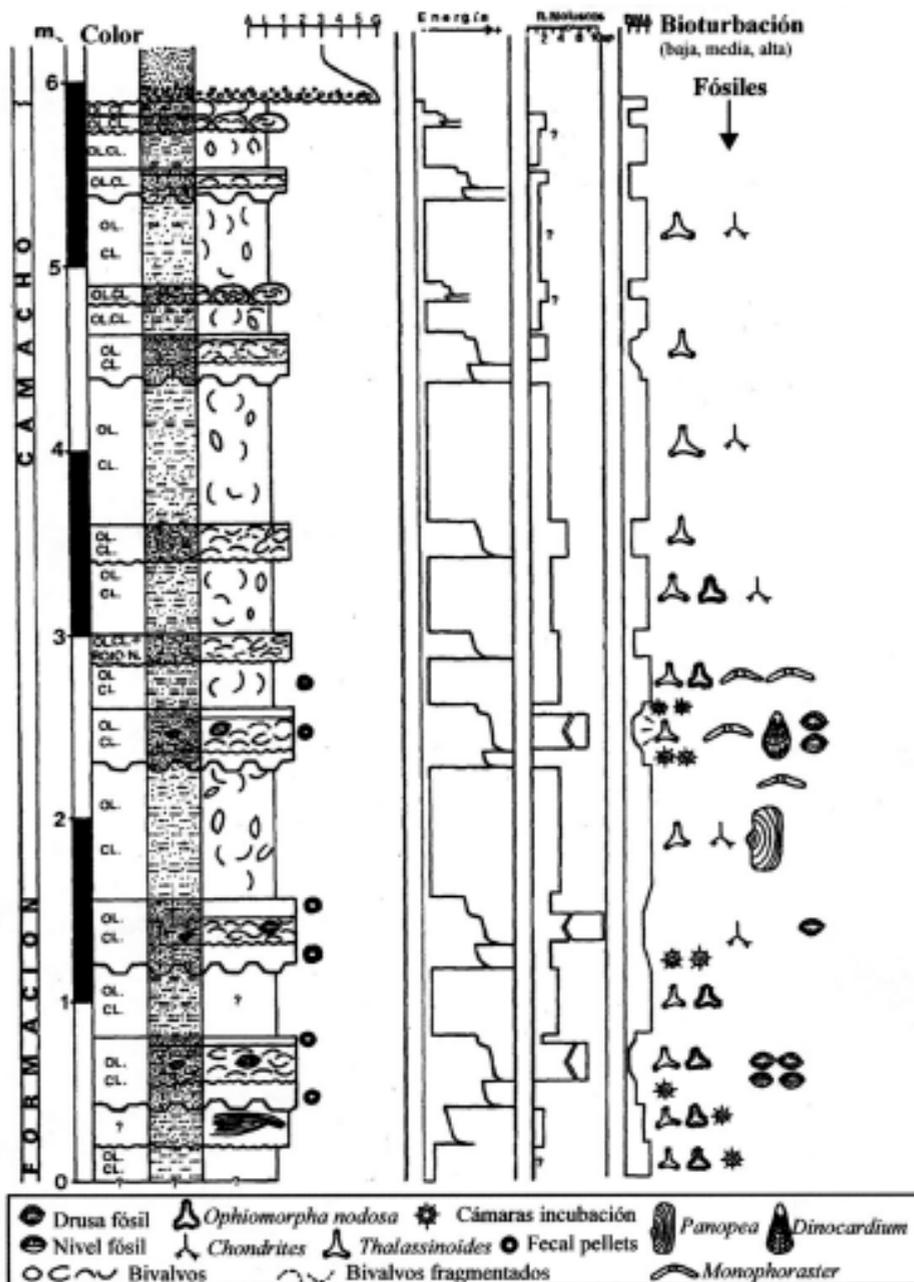


Fig. 3: Columna estratigráfica de la localidad de San Pedro (Sprechmann *et al.*, 1994). Sólo se indican algunos de los macrofósiles presentes.

deo de Jaguarão (2-PJ1-RS), aproximadamente a -135 m encuentra la Subzona del ostrácodo *Krithe trinidadensis*, ubicada en la parte superior de la Zona del ostrácodo *Henryhowella evax* del Mioceno. La Subzona también se encuentra en otras perforaciones realizadas en Río Grande do Sul.

(c) Paleoclimatología y cambios eustáticos del nivel marino: Las asociaciones de foraminíferos, gastrópodos y bivalvos de la perforación Chuy y las de la Formación Camacho en su conjunto indican paleotemperaturas superiores a las actuales, las que no se presentaron desde el Plioceno hasta la actualidad (véase capítulo “Ambientes de Sedimentación”). Aceñolaza y Aceñolaza (2000) en base a consideraciones sobre el nivel marino, consideran que la Transgresión Paranense se depositó en el Mioceno Medio.

(d) “Edades Mamífero” en América del Sur: Perea (1993, 1998) y Perea *et al.* (1994), en base a la asociación faunística tipificada por el morfotipo “*Stromaphoropsis-Pseudoplophorus*” distinguen una Biozona afin a la “Edad-Mamífero” Huayqueriense del Mioceno tardío, la cual caracteriza a una litofacies Kiyú (véase Litoestratigrafía). Aunque sólo detallados trabajos de campo podrán dilucidar si Kiyú pertenece a la Formación Camacho o a la Formación Raigón, el valor del aporte bioestratigráfico de la biozona es indudable, debido a que acota el la edad de Camacho, la cual se depositó antes o hasta el Huayqueriense. Datos cronológicos de Flynn y Swischer (1995) proporcionan a la “Edad Mamífero” Huayqueriense una edad de 8 - 6.5 Ma. Para R. Pascual (com. pers. 05.04.94) el Huayqueriense posee una edad de 9 y 6.8 Ma. Existe una correlación con las Biozonas N 16 a N 17, implicando que el Huayqueriense se sitúa en el Tortoniano. En Cantera Camacho se ha hallado en los “shifting sands”, un húmero derecho de *Megalonichops fontanai*, un Megalonícido de gran porte. El estudio de su posible valor estratigráfico es un tema pendiente.

Resumiendo, los datos no son totalmente coincidentes. La Formación Camacho se depositó en concordancia con uno o varios de los niveles altos del nivel marino entre las Zonas N7 y N16, es decir desde el Serravalliano (Mioceno medio) al Tortoniano (Mioceno superior). No existen datos definitivos que permitan asignar las asociaciones de la Formación Camacho a un determinado piso o época dentro del Mioceno medio o superior.

Medina (1962), Figueiras & Broggi (1987), Herbst & Zabert (1979) y Sprechmann (1980) sostienen que los depósitos del Chuy y los del SW del Uruguay son probablemente diacrónicos. En base a lo expuesto, no existen métodos estratigráficos que permitan calibrar una separación cronológica entre ambos.

A nivel regional existen diversos paradigmas acerca de la extensión geográfica alcanzada por la Transgresión Paranense o Transgresión Entrerriana las cuales se basan, en lo fundamental, en criterios paleontológicos y correlaciones estratigráficas. Las principales reconstrucciones han sido presentadas por Ihering (1907, 1927), Camacho (1967), Herbst y Zabert (1987), Del Río (1988), Boltovskoy (1991), Marshall *et al.* (1993), del Río y Martínez (1998a), Bossi y Gavrilloff (1998) y Aceñolaza y Aceñolaza (2000).

Agradecimientos

Se agradece a los colegas Jorge Bossi, Néstor Campal, Claudio Gaucher, Daniel Perea y Mariano Verde por haber proporcionado valiosas informaciones vinculadas con la redacción de este trabajo.

Fuentes: Sprechmann (1978a), Herbst y Zabert (1979), Da Silva (1990).	N. Palmira-Carmelo	Carmelo-Colonia	Artilleros	San José	Perf.DINAMIGE 1394a	Perf.IGU 364
FORAMINIFERIDA						
<i>Ammonia beccarii</i> var. <i>parkinsoniana</i> (Linné)		*				*
<i>Amphistegina gibbosa</i> d'Orbigny						*
<i>Ammonia</i> sp.					*	
<i>Bolivina striatula</i> Cushman		*				*
<i>Bolivina</i> sp.						*
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)		*				
<i>Buccella peruviana</i> (d'Orbigny)						*
<i>Bulimina</i> cf. <i>B.affinis</i> d'Orbigny						*
<i>Bulimina</i> sp.		*				
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)		*				*
<i>Buliminella</i> sp.					*	
<i>Cancris</i> sp.					*	
<i>Cibicides "pseudoungarianus"</i> (Cushman)						*
<i>Discorbis</i> sp.						*
<i>Elphidium discoideale</i> (d'Orbigny)						*
<i>E. gr. excavatum</i> (Terquem)						*
<i>E. gunteri</i> Cole						*
<i>Elphidium</i> sp. B						*
<i>Elphidium</i> sp.					*	
<i>Fissurina laevigata</i> Reuss						*
<i>Fissurina</i> sp.						*
<i>Lagena</i> sp.					*	
<i>Protelphidium tuberculatum</i> (d'Orbigny)						
<i>Pyrgo patagonica</i> (d'Orbigny)		*				
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linné)		*				
<i>Quinqueloculina</i> sp.						*
<i>Uvigerina</i> sp.					*	

	N. Palmira-Carmelo	Carmelo-Colonia	Artilleros	San José	Perf.DINAMIGE 1394a	Perf.IGU 364
BACILLARIOPHYTA						
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse)			*			
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.)			*			
<i>Auliscus sculptus</i> (W. Sm.)			*			
<i>Actinoptychus undulatus</i> (Bailey)			*			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz			*			
<i>Biddulphia pulchella</i> Gray			*			
<i>Triceratium antediluvianum</i> (Ehr.)			*			

Fuente: Martínez Macchiavello (1975)

OSTRACODA						
<i>Agilloecia</i> sp.						*
<i>Bensonia</i> sp.		*				*
<i>Callistocythere</i> sp.						*
<i>Cyprideis</i> sp.						*
<i>Cytherella</i> sp.						*
<i>Cytheropteron</i> sp.						*
? <i>Harmanites</i> sp.						*
<i>Hemicytherea costulosa</i> Zabert		*				
<i>Henryhowella</i> sp.						
<i>Munseyella</i> sp.						
<i>Paijenborchella</i> cf. <i>P. punctacostata</i> Zabert		*				
<i>Patagonacythere</i> sp.		*				
<i>Perissocytheridea</i> sp.		*				

Fuentes: Sprechmann (1978), Herbst y Zabert (1979).

Fuente: Martínez et al. (1998)	N. Palmira-Carmelo	Carmelo-Colonia	Artilleros	San José	Perf. DINAMIGE 1394a	Perf. IGU 364
GASTROPODA						
" <i>Calliostoma</i> " sp.						■
" <i>Halystilus columna</i> " Dall						▽
<i>Littorina unicostalis</i> Borchert		*				
<i>Turritella?</i> <i>indeterminata</i> Borchert			*			
<i>Turritella americana</i> Bravard		*	*			
<i>Turritella iheringiana</i> Figueiras y Broggi			*			
" <i>Turritella</i> " sp.						■
<i>Strombus bravardi</i> Borchert			▽			
<i>Crucibulum</i> (C.) <i>argentinum</i> (Ph.)		*				
<i>Euspira consimilis</i> (Ihering)	*	*				▽
<i>Polinices</i> (P.) <i>mendozaizoi</i> Fig. y Br.		*				
<i>Certhiopsis entrerensis</i> Fig. y Brog.		*	*			
<i>Epitonium borcheri</i> Ihering		*				
<i>Epitonium</i> sp.		*				
" <i>Epitonium</i> aff. <i>E. unifasciatum</i> " (Sow.)		▽				
<i>E. (Asperiscala)</i> "coloniensis" (Fig. y Br.)		*				
<i>Poirieria (Paziella)</i> <i>ellseoduarlei</i> (F. y B.)			*			
" <i>Trophon</i> " <i>paranensis</i> Borchert			*			
" <i>Trophon dubitans</i> " Figueiras y Broggi		*				
<i>Thais ferrandoana</i> Figueiras y Broggi		*				
<i>Buccinulum teisseirei</i> Figueiras y Broggi		*				
<i>Cantharus borcheri</i> (Ihering)		▽				
<i>Costoanachis rioplatensis</i> (Ihering)		*				
" <i>Anachis</i> " sp.						■
<i>Buccinanops larranagai</i> Fig. y Br.		*				
<i>Buccinanops</i> cf. <i>B. cochlidium</i> (Dill.)		*				
" <i>Buccinanops uruguayensis</i> " (Pilsbry)		▽				
" <i>Buccinanops duartei</i> " Klappenbach		▽				
" <i>Buccinanops moniliferum</i> " (Valen.)		▽				
" <i>Buccinanops incertus</i> " Fig. y Brog.		*				
<i>Prunum pruniformis</i> (Ihering)		▽				
" <i>Marginella</i> sp."						■
<i>Olivancillaria</i> sp.		*				
" <i>Olivancillaria urceus</i> " (Röding)						▽
" <i>Olivella puelcha</i> " (Duclos)		▽				▽
<i>Odontocymbiola</i> sp.						
<i>Odontocymbiola ?nodulifera</i> (Borch.)		*	*			
" <i>Pachycymbiola brasiliana</i> " (Lamarck)		▽				
<i>Terebra calcarretai</i> Figueir. y Brog.		*				
<i>Turricula rebufoi</i> Figueir. y Brog.		*				
<i>Gemmula clossi</i> Figueiras y Broggi		*				
<i>Pleurotomella parodizi</i> (Figueir. y Brog.)		*				
" <i>Iselica anomala</i> " Figueiras y Broggi						▽
" <i>Turbonilla (Pyrgiscus)</i> " sp.						■

Fuente: del Río y Martínez (1998b)	N. Palmira-Carmelo	Carmelo-Colonia	Artilleros	San José	Perf. DINAMIGE 1394a	Perf. IGU 364
BIVALVIA						
<i>Leionucula puelcha</i> (d'Orbigny)		*				
<i>Adrana electa</i> (Adams)		∇				
<i>A. (Rasia) lirata</i> (Philippi)		*				
<i>A. (Rasia) bravardi</i> del Río						*
<i>S. (Potiarca) bomplandeana</i> (d'Orbigny)		*				
" <i>Glycymeris</i> " sp.						■
<i>Glycymerita magna</i> del Río						
<i>Glycymerita</i> aff. <i>G. magna</i> del Río			*			
<i>M. (Mytilus) trigonus</i> Borchert		*				
<i>Lithophaga (Diberus)</i> sp.			*			
<i>Crassostrea rizophorae</i> (Gülding)	*			*		
<i>Ostrea ? patagonica</i> d'Orbigny	*	*		*		
<i>Plicatula</i> sp.	*	∇				*
<i>Amusium figuerasi</i> Martínez	*	*				
<i>Aequipecten paranensis</i> s.str (d'Orb.)	*					
<i>Chesapecten</i> sp.	*	*				
<i>Pododesmus papyraceus</i> (Philippi)		*		*		
" <i>Lucina</i> " sp.			*			■
<i>Pteromyrtea danieli</i> del Río						
<i>Diplodonta</i> (F.) <i>vilardeboana</i> (d'Orbigny)		∇				■
" <i>Felaniella</i> " sp.						*
<i>Venericardia crassicosta</i> Borchert			■			
<i>Americuna antiqua</i> Figueiras						*
<i>Dinocardium</i> sp.	∇	*	∇			
<i>Dinocardium "bravardi"</i> Philippi			∇			
<i>Maetra (M.) isabelleana</i> d'Orbigny		*			*	∇
<i>Raeta</i> cf. <i>R. (R.) plicatella</i> (Lamarck)		*				
" <i>Tellina platensis</i> " Philippi		■				
" <i>Tellina</i> aff. <i>T. petitiiana</i> " d'Orbigny		∇				
" <i>Tellina (Angulus) gibber</i> " Ihering		∇				
<i>Tellina</i> sp.						*
<i>Tagelus plebeius entremianus</i> (Ihering)		∇				∇
<i>T. (Eutivela) "isabelleana"</i> (d'Orbigny)						∇
<i>Pitar</i> sp.						*
<i>Amiantis purpuratus</i> (Lamarck)		*	∇			*
<i>Dosinia</i> sp.	*	*	*			
<i>Retrotapes ninfasiensis</i> del Río						
<i>Chionopsis (C.) doellojuradoi</i> (P.de Med.)	*	*				*
<i>Chionopsis (C.) munsteri</i> (d'Orbigny)		*	∇		*	
<i>Caryocorbula puicheila</i> (Philippi)		∇				*
<i>Caryocorbula pseudopatagonica</i> (lh.)		*	∇			
<i>Caryocorbula caribaea</i> (d'Orbigny)						*
<i>Panopea regularis</i> Ortmann		∇				
<i>Panopea</i> aff. <i>P. regularis</i> Ortmann		*				
<i>Cyrtopleura lanceolata omata</i> (Borch.)		∇				∇
<i>Cyrtopleura (Scobinophoias)</i> sp.		*				
" <i>Periploma</i> aff. <i>ovata</i> " d'Orbigny		∇				
"? <i>Cyathodonta</i> " sp.		■				
" <i>Solen</i> " sp.		■				■

	N. Palmira-Carmelo	Carmelo-Colonia	Artilleros	San José	Perf.DINAMIGE 1394a	Perf.IGU 364
ECHINOIDEA						
<i>Monophoraster duboisi</i> Cotteau	*	*				
<i>Amplaster coloniensis</i> Martínez	*	*				
<i>A. ellipticus</i> Mooi, Martínez y Parma	*	*				

Fuentes: Martínez (1984, 1994a), Mooi *et al.* (2000).

BRACHIOPODA						
<i>Glottidia bravardi</i> Figueiras y Martínez	*					
<i>Bouchardia transplatina</i> Ihering	*					■

Fuentes: Medina (1962), Martínez y Verde (1992), Figueiras y Martínez (1995).

BRYOZOA						
<i>Cellaria</i> sp.						*
<i>Discoporella</i> sp.						*

Fuente: Closs y Madeira (1968)

CRUSTACEA						
<i>Chaceon</i> aff. <i>C. peruvianus</i>	*					

Fuente: Martínez (1994a)

ICNOFOSILES						
<i>Thalassinoides</i> isp.		*		*		
<i>Ophiomorpha nodosa</i>		*		*		
<i>Chondrites</i> isp.		*		*		
<i>Caulostrepsis</i> isp.		*		*		
<i>Entobia</i> isp.				*		
perf.de <i>Dendrina</i> sp.		*		*		
<i>Ostreoblaube</i> isp.		*				
<i>Conchotrema</i> isp.				*		
<i>Gastrochaenolites torpedo</i>						
perf. de <i>Spathiphora</i> sp.		*				
perf. de <i>Electra</i> sp.		*				
<i>Psilonichnus</i> isp.				*		
<i>Cylindrichnus</i> isp.		*				
<i>Teichichnus</i> isp.		*				
<i>Rhizocorallium</i> isp.		*				
<i>Gyrolithes</i> isp.		*				
<i>Muensteria</i> isp.		*				

Fuentes: Sprechmann *et al.* (1994, 1998)

	N. Palmira-Carmelo	Carmelo-Colonia	Artilleros	San José	Perf.DINAMIGE 1394a	Perf.IGU 364
SELACHII						
<i>cf. Myliobatis</i> sp.	*	*				
<i>Carcharias acutissima</i> (Agassiz)	*					
<i>Isurus hastalis</i> (Agassiz)	*	*				
<i>Carcharocles megalodon</i> (Agassiz)	*					
<i>Carcharhinus</i> aff. <i>egertoni</i> (Agassiz)	*	*				

Fuente: Perea y Ubilla (1990), nomenclatura actualizada.

REPTILIA						
<i>Phrynos geoffroanus</i> complex (Schweigger)				*		

Fuente: Perea et al. (1996)

AVES						
<i>Phoenicopteridae</i> indet.				*		

Fuente: Ubilla et al. (1990)

MAMMALIA						
<i>Megalonychops fontanae</i> Kraglievich	*					
<i>Pliomorphus ameghinoi</i> Kraglievich		*				
<i>Gilsolaresia bayoi</i> Roselli	*					
<i>Vassalla</i> sp.		*				
<i>Pronothrotherium mirabilis</i> (Kraglievich)				*		
<i>Ranculcus</i> aff. <i>scalabrinianus</i> Ameghino				*		
<i>Proeuphractus limpidus</i> Ameghino				*		
<i>Kraglievichia paranense</i> (Ameghino)				*		
<i>Stromaphoropsis</i> sp.		*	*			
<i>S. scavinoi</i> Kraglievich				*		
<i>S. benvenutoi</i> Castellanos				*		
<i>S. rebufoi</i> Castellanos				*		
<i>Berthawyleia gracilis</i> Castellanos				*		
<i>Prodaedicurus wyleri</i> Castellanos				*		
<i>Cardiomya</i> sp.				*		
<i>Kiyutherium orientalis</i> Francis y Mones				*		
<i>Anchimis</i> cf. <i>Marshi</i> (Ameghino)				*		
<i>Lagostomopsis</i> sp.				*		
<i>L. spicatus</i> Ameghino				*		
<i>Isostylomys intermedius</i> Mones y Castiglioni				*		
? <i>Toxodontherium</i> sp.				*		
<i>Toxodon</i> cf. <i>smatatus</i> Kraglievich				*		
<i>Toxodon</i> aff. <i>smatatus</i> Kraglievich				*		
<i>Saurocetes argentinus</i> Burmeister		*				
<i>Dinotoxodon paranensis</i> (d'Orbigny y Laurillard)				*		

Fuentes: Verde y Perea (1992), Perea et al. (1994), Perea (1998).

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. y Aceñolaza, G.F. (2000). Trazas fósiles del Terciario Marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno Medio), Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 64: 209 – 233.
- Bertels, A. y Madeira-Falcetta, M. 1977. Neogene foraminifera of the South Atlantic. En: F. Swain (ed): *Stratigraphic micropaleontology of Atlantic basins and boreland*. Elsevier, Amsterdam, pp 441-465.
- Bolli, H.M. y Saunders, J.B. 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. En: Bolli, H.M., Saunders, J.B. y Perch-Nielsen, K. (eds.): *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 155 – 262.
- Boltovskoy, E. 1991. Ihering's hypothesis in the light of foraminiferological data. *Lethaia* 24 (2): 191 – 198.
- Bossi, G.E. y Gavrilloff, I.J. (1998). Terciario. Estratigrafía, Bioestratigrafía y Paleogeografía. En: Gianfrancisco, M.; Puchulu, M.E.; Durango de Cabrera, J. y Aceñolaza, G.F. (eds.): *Geología de Tucumán* (2ª ed.), pp. 87 – 109. Publicación Especial, Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Bossi, J. 1966 *Geología del Uruguay*. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República. Montevideo. 469 pp.
- Bossi, J. y Navarro, R. 1991. *Geología del Uruguay*. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República. Montevideo. Tomos 1 + 2, 970 pp.
- Bossi, J.; Ferrando, L.A.; Fernández, A.; Elizalde, G.; Morales, H.; Ledesma, J.; Carballo, E.; Medina, E.; Ford, I. y Montaña, J.R. (eds.). 1975. *Carta Geológica del Uruguay, Escala 1/1.000.000*.
- Bossi, J.; Ferrando, L. A.; Montaña, J.; Campal, N.; Morales, H.; Gancio, F.; Schipilov, A.; Piñeyro, D. y Sprechmann, P. 1998. *Carta Geológica del Uruguay, escala 1/500.000*. Geoeditores SRL. Memoria Explicativa, 145 pp. Disponible como CD-Rom para Windows 95 y Windows 98.
- Camacho, H.H. 1967. Las transgresiones del Cretácico Superior y Terciario de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 22 (4): 253 – 280.
- Caorsi, J. 1957. *Carta Geológica del Uruguay del Uruguay a escala 1/500.000*. Instituto Geológico del Uruguay.
- Caorsi, J. y Goñi, J. 1958 Geología Uruguaya. *Instituto Geológico del Uruguay, Boletín* 37: 1 - 73.
- Cione, A.L. y Tonni, E.P. Chronostratigraphy and "Land-Mammal Ages" in the Cenozoic of Southern South America: Principles, practices, and the "Uquian" problem. *Journal of Paleontology* 69 (1): 135 – 159.
- Closs, D. 1966a. Cenozoic stratigraphy of southern Brazil. *Proceedings 2 West African Micropaleontological Colloquium (Ibadan, 1965)*: 34-44. Leiden.
- Closs, D. 1966b. The presence and stratigraphical importance of the *Orbulina* surface in southern Brazil. *Escola de Geologia, Porto Alegre, Notas e Estudos* 1(2): 3-8.
- Closs, D. 1967. Miocene planktonic foraminifera from southern Brazil. *Micropaleontology* 13 (3): 337-344.
- Closs, D. 1970. Estratigrafía da Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. *Iheringia* (Geol.), 3: 3-76.
- Closs, D. y Madeira, M.L. 1968. Cenozoic Foraminifera from the Chuy drill hole, northern Uruguay. *Ameghiniana* 5 (7): 229-246.
- Coronel, N.; Veroslavsky, G. y Goso, C. 1988. *Carta Geológica del Uruguay escala 1/100.000. Hoja K28- K29, Los Cerrillos – La Barra*. Convenio Dirección Nacional de Minería y Geología, Facultad de Ciencias, Facultad de Agronomía.
- Darwin, C. 1839. *Narrative of the surveying voyages of his Majesty's ships Adventure and Beagle between the years 1826 and 1836, describing their examination of the Southern shores of South America and the Beagle's circumnavigation of the Globe*, 3. Colburn, London, pp XIV + 1- 615.
- Darwin, C. 1846. *Geological observations on South America, being the third part of the geology of the voyage of the Beagle, under the geology of capt. Fitzroy, R.N. during the years 1832-1836*, Smith, Elder & Co, London, pp. 1 - 279.
- Da Silva, J. 1990. Micropaleontología de la formaciones Camacho, Raigón y Libertad del departamento de San José. *1º Congreso Uruguayo de Geología (Montevideo, 1990). Resúmenes Ampliados* 2: 21-26.
- Del Río, C. J. 1988. Bioestratigrafía y Cronoestratigrafía de la Formación Puerto Madryn (Mioceno medio). Provincia del Chubut - Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40: 231 - 254. Buenos Aires.
- Del Río, C. J. 1990. Composición, Origen y Significado Paleoclimático de la malacofauna "Entrerriense" (Mioceno medio) de la Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires* 42: 205 - 224.
- Del Río, C. J. 1991. Revisión Sistemática de los Bivalvos de la Formación Paraná (Mioceno medio). Provincia de Entre Ríos - Argentina. *Monografías Academia Nacional Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Buenos Aires* 7, 93 pp. Buenos Aires.
- Del Río, C.J. y Martínez, S. 1998a. El Mioceno marino en la Argentina y en el Uruguay. En: Del Río, C.J. (ed.): *Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay: Monografías, Academia Nacional Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Buenos Aires*, 15: 5-25.
- Del Río, C.J. y Martínez, S. 1998b. Clase Bivalvia. En: del Río, C.J. (ed.): *Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay: Monografías, Academia Nacional Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Buenos Aires*, 15: 48-83.
- De Santa Ana, H. y Ucha, N. 1994. [Exploration perspectives and hydrocarbon potential of the uruguayan sedimentary basins - ANCAP. Montevideo. Uruguay. Informe inédito].
- De Santa Ana, H.; Veroslavsky, G.; Martínez, S.; Perea, D. y Ubilla, M. 1988. Estudio estratigráfico preliminar de la secuencia Mio - Pliocénica del SW del Uruguay. *6º Panel de Geología del Litoral y 1ª Reunión de Geología del Uruguay (Salto, 1988)*: 62-67.

- d'Orbigny, A. 1842. *Voyage dans l'Amerique meridionale (le Brésil, la République Orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivie, la République du Pérou), executé pendant les années 1826- 1833*, 3, *Geologie* (P. Bertrand), Paris. 290 pp.
- Ferrando, L.A.; Eugui, W.; Cabrera, Z. y Elias, S, R. 1989a. *Carta Geológica del Uruguay a escala 1/100.000. Hoja Cañada Nieto P-23*. Convenio Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias, Dirección Nacional de Minería y Geología.
- Ferrando, L.A.; Eugui, W.; Cabrera, Z. y Elias, S, R. 1989b. *Carta Geológica del Uruguay a escala 1/100.000. Hoja Agraciada R-23 y Nueva Palmira R-24*. Convenio Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias, Dirección Nacional de Geología y Minería.
- Figueiras, A. y Broggi, J. 1971. Estado actual de nuestros conocimientos sobre los moluscos fósiles del Uruguay, III. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 3 (21): 131-154.
- Figueiras, A. y Broggi, J. 1973. Estado actual de nuestros conocimientos sobre los moluscos fósiles del Uruguay, III. *Comunicaciones Sociedad Malacológica del Uruguay* 3 (23 -24): 203-240.
- Figueiras, A. y Broggi, J. 1976. Nuevas especies de gastrópodos marinos de la Formación Camacho (Enterrriana) (Mioceno Superior del Uruguay). *Comunicaciones Paleontológicas Museo Historia Natural de Montevideo* 1 (6) : 135-159.
- Figueiras, A. y Broggi, J. 1987. Nuevas especies de gasterópodos marinos de la Formación Camacho (Mioceno superior de Uruguay), I. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 6 (48): 257-285.
- Figueiras, A. y Broggi, J. 1988. Nuevas especies de gasterópodos marinos de la Formación Camacho (Mioceno superior de Uruguay), II. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 6 (50):341-355.
- Figueiras, A y Martínez, S. 1995. Nueva especie de *Glottidia* (Brachiopoda, Lingulidae) del Mioceno (Formación Camacho) de Uruguay. *Ameghiniana* 32 (4): 385-390.
- Flynn, J.J. y Swisher, III, C.C. 1995. Cenozoic South American Land Mammal Ages: Correlation to global geochronologies. Geochronologic Time Scale Global Stratigraphic Correlation. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication* 54: 317 – 333.
- Francis, J. C. y Mones, A. 1965. Sobre el hallazgo de *Cardiatherium talicei* n.sp. (Rodentia, Hydrochoeridae) en Playa Kiyú, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay. *Kraglieviana* 1 (1): 1-44.
- Frenguelli, J. 1930. Apuntes de Geología uruguaya. *Boletín Instituto de Geología y Perforaciones* 11: 1 - 47.
- Goso, H. 1972. [Cuaternaria- 12 pp. Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. Montevideo. Uruguay Inédito].
- Goso, H. y Bossi, J. 1966. Cenozoico. En: BOSSI, J. 1966, *Geología del Uruguay*. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, pp. 259 – 301.
- Herbst, R. y Zabert, L.L. 1979 Nota sobre la microfauna de la Formación Camacho (Mioceno Superior) del Uruguay occidental. *Facena* 3:5 - 17.
- Herbst, y Zabert, L.L. 1987. Microfauna de la Formación Paraná (Mioceno Superior) de la cuenca Chaco-Paranense (Argentina). *Facena*, 7: 165 – 206.
- Ihering, H. von. 1907. Les Mollusques fossiles du Tertiaire et du Cretacé superieur de l' Argentine. *Anales Museo Nacional Buenos Aires* (3)7: 1-611.
- Ihering, H. von. 1927. *Die Geschichte des Atlantischen Ozeans*. Gustav Fischer. Jena, 237 pp.
- Kraglievich, L. 1928. Apuntes para la geología y paleontología de la República Oriental del Uruguay. *Revista Sociedad Amigos de la Arqueología* 2: 5 – 61.
- Kraglievich L. 1932. Nuevos apuntes para la Geología y paleontología uruguayas. *Anales Museo Historia Natural de Montevideo (2a. ser.)* 3: 257-321.
- Lambert, R. 1941 Estado actual de nuestros conocimientos sobre la Geología de la República Oriental del Uruguay. *Instituto Geológico del Uruguay, Boletín* 29: 1 - 89.
- Marshall, L.G.; Sempere, T. y Gayet, M. 1993. The Petaca (Late Oligocene-Middle Miocene) and Yecua (Late Miocene) Formations of the Subandean-Chaco Basin, Bolivia, and their tectonic significance. *Docum. Lab. Géol. Lyon* 125: 291 – 301.
- Martínez, S. 1984. *Amplaster coloniense* n.g n.sp. (Echinoidea: Monophorasteridae) del Mioceno de Uruguay. *III Congreso Latinoamericano de Paleontología (Oaxtepec, 1984), Memoria*: 505-508.
- Martínez, S. 1985. Variabilidad en *Monophoraster* (Echinodermata: Echinoidea). Comunicación preliminar. *Jornadas de Zoología del Uruguay (Montevideo, 1985), Actas*. 33-35.
- Martínez, S. 1988. Comparación de las malacofaunas de la "Transgresión Entrerriana" (Mioceno de Argentina, Brasil y Uruguay). *6º Panel de Geología del Litoral y 1ª Reunión de Geología del Uruguay (Salto, 1988), Actas*:28-30.
- Martínez, S. 1989. Los depósitos de la "transgresión entrerriana" (Mioceno de Argentina, Brasil y Uruguay). Comparación de sus principales áreas fosilíferas a través de los bivalvos y los gastrópodos. *Ameghiniana* 25 (1): 23-29.
- Martínez, S. 1990 Los depósitos de la "Transgresión Entrerriana" (Mioceno de Argentina, Brasil y Uruguay). Comparación de sus principales áreas fosilíferas a través de los Bivalvos y los Gastrópodos. II. *Primer Congreso Uruguayo de Geología (Montevideo, 1990), Resúmenes Ampliados*: 15-19.
- Martínez, S. 1994a. [Biostratigrafía (Invertebrados) de la Formación Camacho (Mioceno, Uruguay). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires, pp. 346 Inédita].
- Martínez, S. 1994b. Evidencias de predación en *Monophoraster duboisi* (Echinoidea: Monophorasteridae) (Mioceno) (Uruguay). *I Jornada de Paleontología del Uruguay "Prof. Rodolfo Mendez-Alzola" (Montevideo, 1994). Paleociencias del Uruguay* 2: 25. Montevideo. Uruguay.

- Martínez, S. 1998. Bioestratigrafía (Invertebrados) de la Formación Camacho (Mioceno, Uruguay). *II Congreso Uruguayo de Geología (Punta del Este, 1998), Actas*: 190.
- Martínez, S. 1999. Asociaciones de invertebrados de la Formación Camacho (Mioceno Medio? – Superior, Uruguay). Actas de las V Jornadas de Zoología del Uruguay. I Encuentro Nacional de Entomología Médica y Veterinaria. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay (2ª Época)* 11 : 30.
- Martínez, S. y Durham, J. W. 1989. La cara oral de *Aplicaster coloniensis* (Echinoidea: Monophorasteridae) (Mioceno superior, Uruguay). *Ameghiniana* 25 (2) :185-186.
- Martínez, S. y Verde, M. 1992. Comparación del registro de mortalidad masiva en una especie reciente (*Bouchardia rosea*) y una fósil (*B. transplatina*). (Brachiopoda: Terebratulida). *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay (2ª Época)* 7: 45-46.
- Martínez, S., del Río, C.J. y Reichler, V. 1998. Clase Gastropoda. En: del Río, C.J. (ed.): Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay: *Monografías, Academia Nacional Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Buenos Aires*, 15: 26-47.
- Martínez Macchiavello, J.C. 1975. Diatomeas (Bacillariophyta) fósiles de las cercanías de Colonia, República O. del Uruguay. *Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Tucumán, 1974), Actas* 2: 317 – 328.
- Medina, N. P. de. 1962. Notas sobre moluscos de edad enterrriana, procedentes de una perforación en el Chuy (Dpto. de Rocha, Uruguay). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (zool.)* 8 (16): 201-212.
- Mooi, R., Martínez, S. y Parma, S.G. 2000. Phylogenetic Systematics of Tertiary Monophorasterid sand dollars (Clypeasteroidea: Echinoidea) from South America. *Journal of Paleontology* 74 (2): 263-281.
- Perea, D. 1993. [*Xenarthra del Neógeno del Uruguay. La Biozona de Stromaphoropsis Kragl. (Glyptodontidae). Edad Mamífero Huayqueriense. Tesis de Maestría, Universidad de la República, PEDECIBA, 139 pp. Inédita*].
- Perea, D. 1998. [*Xenarthra fósiles del Uruguay: distribución estratigráfica, caracterización estratigráfica y sistemática de algunos Tardigrada. Tesis de Doctorado, PEDECIBA, 107 pp. Inédita*].
- Perea, D. y Ubilla, M. 1989. Selacifauuna del Mioceno Superior del Uruguay. *Boletín Sociedad Zoológica Uruguay (2a Época)* 5: 11-12.
- Perea, D. y Ubilla, M. 1990. Los Selacios (Chondrichthyes) de la Fm. Camacho (Mioceno Sup., Uruguay). *Revista Sociedad Uruguaya Geología (2)* 4: 5-13..
- Perea, D., Ubilla, M., Martínez, S., Piñeiro, G. y Verde, M. 1994. Mamíferos Neógenos del Uruguay: la edad-mamífero Huayqueriense en el "Mesopotamiense". *Acta Geológica Leopoldensia* 17 (39/1): 375-389.
- Preciozzi, F., Sporutno, J., Heinzen, W. y Rossi, P. 1985. *Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500.000. DINAMIGE*.
- Sanguinetti, Y.T. 1980. Bioestratigrafía (Ostracodes) do Mioceno da Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. *Pesquisas* 13: 7-34.
- Serra, N. 1943. Memoria explicativa del mapa geológico del departamento de Colonia. *Instituto Geológico del Uruguay, Boletín* 30 :1 - 43.
- Sprechmann, P. 1978a. The Paleocology and paleogeography of the uruguayan coastal area during the Neogene and Quaternary. *Zitteliana*. 4 :3 - 72.
- Sprechmann, P. 1978b. Die litoralen paläozoogeographischen Provinzen entlang der Ostküste Südamerikas während des Miozäns. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 157 (1/2): 247 – 251.
- Sprechmann, P. 1980. Paleocología, paleogeografía y estratigrafía de la región costera del Uruguay durante el Neógeno y Cuaternario. *II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires, 1979), Actas 3: 237 – 256.
- Sprechmann, P. y Aceñolaza, F.G. 1999. Correlación paleoecológica y sedimentológica de las Formaciones Paraná (Argentina) y Camacho (Uruguay) del Mioceno Medio a Superior. *Primeras Jornadas del Cenozoico del Uruguay (Montevideo, 1999)*: 25 – 26.
- Sprechmann, P.; Martínez, S. y Gaucher, C. 1994. Paleocología y sedimentología de la Formación Camacho en el Departamento de Colonia (Mioceno Medio - Superior, Uruguay). *I Jornada de Paleontología del Uruguay "Prof. Dr. Rodolfo Méndez-Alzola" (Montevideo, 1994). Paleociencias del Uruguay* 2: 21-24.
- Sprechmann; P. Verde; M. Martínez, S. y Gaucher, C. 1998. Paleocología y ambientes de sedimentación de biostromos y "patch reefs" de ostreidos, sus endolitos y epibiontes (Formación Camacho, Mioceno Medio-Superior; Uruguay). *II Congreso Uruguayo de Geología del Uruguay. (Punta del Este, 1998), Actas*: 205 - 209.
- Stoakes, F. A.; Campbell, C. V.; Cass, R. y Ucha, N. 1991. Seismic stratigraphic analysis of the Punta del Este basin, offshore Uruguay, South America. *American Association of Petroleum Geologists* 75 (2): 219-240.
- Teisseire, A. 1928. Contribución al estudio de la geología y paleontología de la República Oriental del Uruguay. Región de Colonia. *Anales de la Universidad* 37 (122): 319-469.
- Ubilla, M., Perea, D., Tambussi, C. y Tonni, E. 1990. Primer registro fósil de Phoenicopteridae (Aves: Charadriiformes) para el Uruguay (Mio-Plioceno). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 62: 61-68.
- Verde, M. y Perea, D. 1992. Mamíferos "Mesopotamienses" (Xenarthra, Litopterna y Cetacea) (Mioceno Superior) de la Bahía de Colonia, Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay (2ª Época)* 7: 31-32.
- Vrba, A. y Tófaló, R. 1998. Petrología de la Formación Camacho en la cantera de la estancia Narbona, departamento de Colonia, República Oriental del Uruguay. *II Congreso Uruguayo de Geología (Punta del Este, 1998), Actas*: 78-80.
- Walther, K. 1915 *Sobre la edad y carácter geológico de la Formación Pampeana en el Uruguay*. Publicaciones del Instituto Nacional de Agronomía de Montevideo. Sección Minería Geología y Agrología: 1 - 35.
- Walther, K. 1931. Sedimentos gelíticos y clastogelíticos del Cretáceo Superior y Terciario uruguayos. Observaciones referentes a algunos productos de desintegración moderna del país. *Instituto de Geología y Perforaciones, Boletín* 13: 1-142.

Análisis fitolítico de la Formación Paraná en la provincia de Entre Ríos

Alejandro F. ZUCOL¹ y Mariana BREA¹

Abstract. - PHYTOLITH ANALYSIS OF PARANÁ FORMATION IN ENTRE RÍOS PROVINCE. The phytolith analysis is used to reconstruct the paleoenvironment and paleobotanic composition during the deposition of the Paraná Formation in Entre Ríos province. A paleocommunity of palms is described for first time in this formation. The phytolith assemblage at the Puerto Alvear section was dominated by palm phytoliths, associated with Poaceae and Cyperaceae phytoliths; less frequent are the Podostemaceae phytoliths and sponge spicules. Comparison of phytolith morphology with those of extant taxa allowed recognition an alluvial plain paleocommunity. The paleoclimatic conditions in the deposition of these sediment were tropical - subtropical and humid. A revision of the palm paleocommunity along the Cenozoic of this region is described, with special attention of its current distribution in the flora.

Key words: Phytoliths. Paraná Formation. Miocene. Arecaceae.

Palabras claves: Fitolitos. Formación Paraná. Mioceno. Arecaceae.

Introducción

Los estudios micropaleobotánicos de la Formación Paraná, hasta el momento, se han basado en su totalidad en análisis paleopalinológicos (Gammero, 1981; Anzótegui y Garralla, 1982, 1986; Garralla, 1989). El presente, es un aporte al conocimiento paleobotánico de esta unidad mediante el estudio de sus asociaciones fitolíticas, y forma parte del análisis paleoecológico y paleoambiental de esta secuencia sedimentaria marina, que se está realizando en el sector comprendido en los departamentos Diamante y Paraná de la provincia de Entre Ríos.

A partir de los estudios paleopalinológicos previos, la paleoflora de la Formación Paraná se ha ido conociendo en forma de mosaico, como consecuencia del carácter local de estos estudios. Con la finalidad de hallar una visión regional a estos conocimientos, los análisis fitolíticos que se están realizando se han planificado en dos transectas que abarcan la barranca del río Paraná en los departamentos de Diamante y Paraná respectivamente. Esta separación responde principalmente a las ya conocidas diferencias estratigráficas existentes en ambas áreas.

La palinoflora descrita se encuentra compuesta por elementos florísticos pertenecientes a diferentes unidades fisionómicas, los cuales pueden asociarse con integrantes de los actuales dominios fitogeográficos tropicales y subtropicales. Este esquema vegetacional describe tres tipos principales de comunidades: la comunidad hidrófila, representada por especies de las familias Azollaceae, Halograceae, Poaceae, Asteraceae, Polygonaceae, Onagraceae, Amaranthaceae; la comunidad higrófila, integrada por especies de las familias Polipodiaceae,

¹ Laboratorio de Paleobotánica, CICYTTP-Diamante - Materi y España SN, Diamante (3105), Entre Ríos, Argentina.
E-mail: cidzucol@infoshopde.com.ar

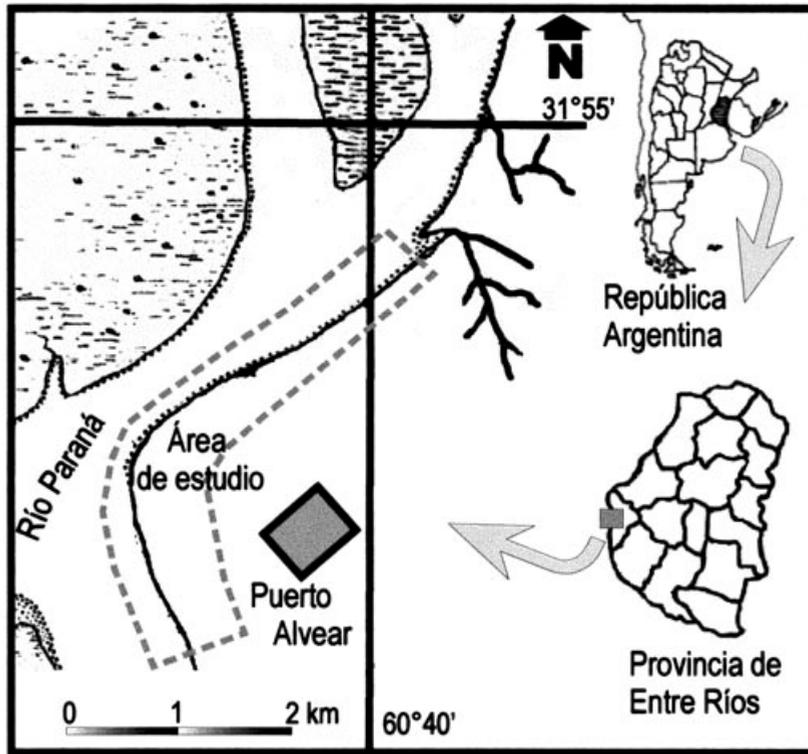


Figura 1. Mapa geográfico del área de estudio / Geographical map of the study area.

Araucariaceae y Podocarpaceae, Poaceae, Aquifoliaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae y Sapindaceae; y la comunidad xerófila compuesta por especies de las familias Poaceae, Asteraceae, Anacardiaceae y Mimosaceae.

En este trabajo se aborda el estudio de los depósitos marinos en la región del Puerto General Alvear (departamento Diamante), ubicada a unos 30 km al S de la ciudad de Paraná sobre la margen izquierda del río homónimo (figura 1). Debe destacarse que esta localidad fosilífera ha permitido reconocer una nueva paleocomunidad vegetal que amplía los conocimientos paleoflorísticos de la Formación Paraná, incorporando nuevos registros a los ya descriptos.

La Formación Paraná en el perfil Puerto General Alvear

La Formación Paraná descrita por Bravard (1858), recibió diversas denominaciones nomenclaturales a lo largo del tiempo (Aceñolaza, 1976; 2000). Esta unidad de origen marino, se encuentra aflorante en las barrancas de Entre Ríos en una franja angosta que corre de N a S aproximadamente paralela al río Paraná. Litológicamente esta compuesta por arcillas, arcillas limosas y limos arenosos de color gris verdoso-oliva, con delgadas intercalaciones de arenas finas blanquecinas-amarillentas. Comúnmente se observan bancos calcáreos organógenos, constituidos principalmente por *Ostrea patagonica*. La asignación al Mioceno superior esta apoyada

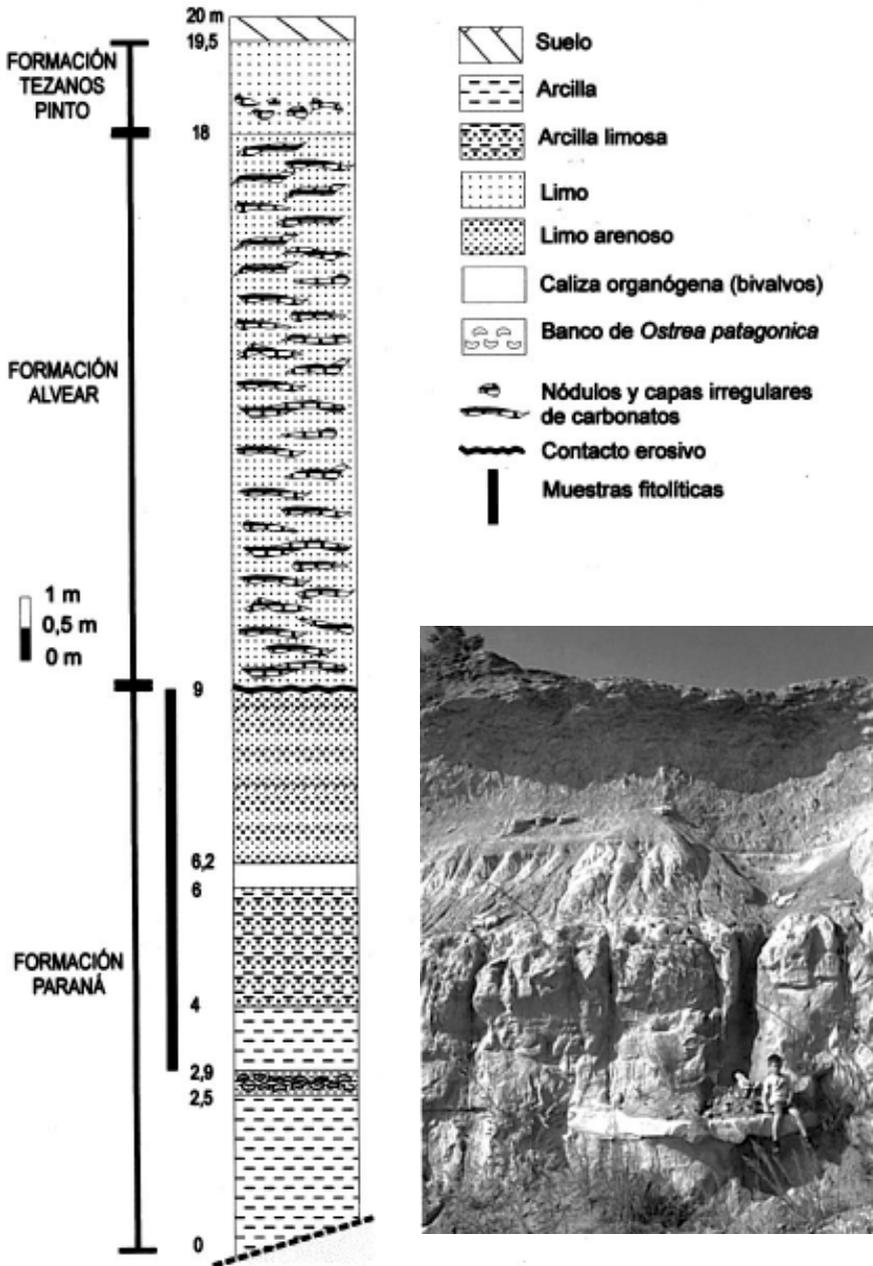


Figura 2. Secuencia sedimentaria esquemática de Puerto General Alvear / Schematic sedimentary sequence of Puerto General Alvear.

por los estudios de Rossi de García (1966), Reinhart (1976), Zabert y Herbst (1977), Herbst y Zabert (1987) y Cozzuol (1993), sobre restos de vertebrados e invertebrados fósiles. Sin embargo, recientes estudios sobre las asociaciones de moluscos presentes en esta formación sugerirían que esta unidad fue depositada durante el Mioceno medio (Del Río, 1991); esta opinión es

compartida por Aceñolaza y Aceñolaza (1999) basados en estudios de trazas fósiles. Aceñolaza (2000) describe y realiza la interpretación paleoambiental de esta unidad en detalle.

La secuencia sedimentaria (figura 2), en la localidad de Puerto General Alvear cuenta con un espesor de 20 metros, donde se observa de base a techo el siguiente perfil: La Formación Paraná, con un espesor de 9 m y sin base expuesta, se caracteriza por una importante sucesión de estratos arcillosos y areno-arcillosos de color gris verdoso-oliva, con delgadas intercalaciones de arenas finas blanquecinas-amarillentas, hacia el tope del perfil, estos estratos se vuelven más limosos y aumentan las intercalaciones arenosas, que a veces, se presentan en bancos masivos sin estratificación. Se observan los típicos bancos de ostras y calizas organógenas portadoras de restos de bivalvos. Por encima se superpone en discordancia el calcrete típico de la Formación Alvear (Pleistoceno inferior), constituido por nódulos y placas horizontales y verticales irregulares de carbonato de calcio de color blanquecino. Entre las placas, se encuentra un limo arcilloso pulverulento no calcáreo de color castaño rosado y castaño verdoso con nódulos y capas delgadas de manganeso. Hacia el techo, y con un espesor de 1,5 m se superponen los limos finos arcillosos pardos con nódulos de carbonato de calcio de la Formación Tezanos Pinto (Pleistoceno superior).

Análisis fitolítico

Asociación fitolítica. La asociación fitolítica se encuentra dominada por fitolitos esféricos (figura 3 a, b, d, y g), elipsoidales (figura 3 e y f) o ligeramente irregulares (figura 3 c), de diámetro variable entre 5 - 20 μm , con ornamentaciones cónicas cortas, pertenecientes a la morfotribu Globulolita (*sensu* Bertoldi de Pomar, 1971), asociados a fitolitos en forma de halterio (morfotribu Halteriolita) de extremos convexos (figura 3 h y j), rectos (figura 3 k y m), cóncavos (figura 3 i) o en forma de cruz de centro grueso (figura 3 l) o delgado (figura 3 s); fitolitos prismáticos, aplanados (morfotribu Prismaticolita), con aristas laterales lisas (figura 4 a, c, d, f y g), denticuladas-serradas (figura 4 b) u ondulada (figura 4 e), y caras terminales superior e inferior planas, si bien se han observado algunos con caras cóncavas; fitolitos prismáticos aplanados con caras frontales flabeladas (morfotribu Flabelolita), de desarrollo simétrico (figura 4 i) o asimétrico (figura 4 h) respecto al plano longitudinal y fitolitos prismáticos cortos (morfotribu Braquiolita) con caras rectangulares de bordes lisos (figura 3 p y r). En menor frecuencia, se hallan presentes fitolitos en forma de agujones o tricomas (morfotribu Aculeolita) de tamaño variable; fitolitos irregulares, escrobiculados (morfotribu Nuxolita) (figura 4 m, n y o); fitolitos pileiformes (morfotribu Pileolita) lisos u ornamentados; fitolitos en forma de conos o estróbilos (morfotribu Estrobilolita) truncados y lateralmente comprimidos (figura 3 q) y fitolitos de asignación incierta según la clasificación de Bertoldi de Pomar (figura 4 j).

Además de los fitolitos descriptos, se han hallado otros microrestos silíceos asociados entre los que son abundantes las espículas de espongiarios de agua dulce, principalmente del tipo de las macroescleras (tanto óxeas (figura 4 k y l) como anfiestrónquilos), y en menor frecuencia, microescleras; por lo general aparecen enteras aunque a veces se observan macroescleras quebradas. En forma escasa, se observan también quistes de crisostomatáceas, de morfología afín al género *Carnegia* sp.

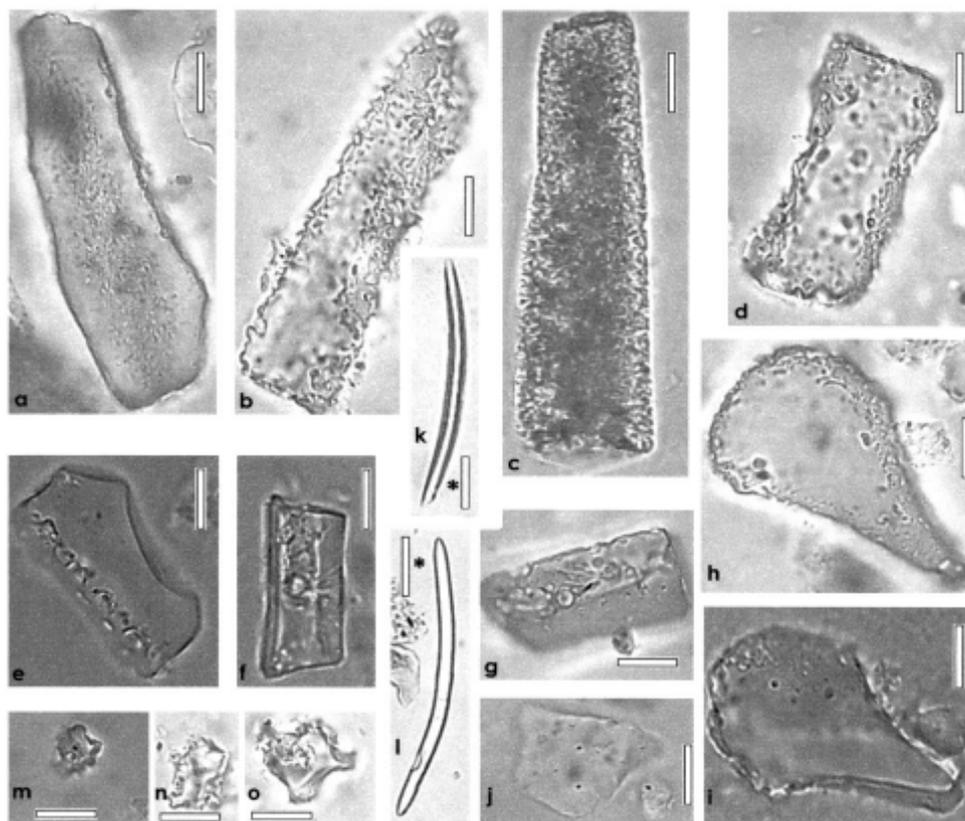


Figura 3. Tipos morfológicos de la asociación fitolítica: a - g. Globulolita. h - m y s. Halteriolita. n y o. Aculeolita. p y r. Braquirolita. q. Estrobilolita. Escala gráfica: 16 μ m. / Morphological types of phytolith assemblages: a - g. Globulolita. h - m and s. Halteriolita. n and o. Aculeolita. p and r. Braquirolita. q. Estrobilolita. Scale bar: 16 μ m.

Afinidad botánica

Morfotribu Globulolita: si bien existen ciertos morfotipos de este grupo afines a las Poaceae (*Globulolita claveteata*, Bertoldi de Pomar, 1971), en su mayoría, y es ésta asociación el caso, son asignables a la familia Arecaceae.

Morfotribu Halteriolita: este grupo de fitolitos asignables en su totalidad a las Poaceae, en la asociación presentan un gran porcentaje de morfotipos de caracter panicoide (*sensu* Twiss, 1992), por sobre los pooides (*sensu* Twiss, 1992) y tipo stipa (*sensu* Fredlund y Tieszen, 1994).

Morfotribu Prismatolita: esta morfotribu en la asociación se encuentra mayoritariamente representada por fitolitos de afinidad graminoide y en bajo porcentaje de afinidad ciperoides.

Morfotribu Flabelolita: los fitolitos de esta morfotribu poseen afinidad graminoide y no permiten establecer diferenciaciones a nivel infrafamiliar.

Morfotribu Braquirolita: los fitolitos de esta morfotribu presentes en la asociación poseen exclusivamente afinidad graminoide.

Morfotribu Aculeolita: principalmente representado por fitolitos de afinidad graminoide, del tipo de los agujones foliares marginales y escasamente en forma de ganchos.

Morfotribu Nuxolita: los fitolitos observados de esta morfotribu poseen en su totalidad afinidad con la familia Podostemaceae.

Morfotribu Pileolita: esta morfotribu se encuentra representada en la asociación por fitolitos de afinidad ciperode.

Morfotribu Estrobilolita: los representantes fitolíticos de esta morfotribu poseen una afinidad graminoide, principalmente del tipo chloridoide o más raramente pooide (*sensu* Twiss, 1992).

Paleoecología y paleoambientes

Mediante estos estudios se ha podido reconocer la presencia de nuevas familias para la Formación Paraná, tales como las Arecaceae y Podostemaceae, y corroborar otras descritas en estudios paleopalínológicos. El análisis fitolítico permite definir una paleocomunidad dominada por palmeras asociadas a gramíneas (con predominio del tipo panicoides) y ciperáceas. Por otra parte la presencia de fitolitos de podostemáceas, indica la existencia de algunos cursos de aguas torrentosos, ya que en la actualidad estos vegetales se encuentran limitados a caídas, rápidos y cascadas de agua límpida (Bertoldi de Pomar, 1970). Por otra parte, la presencia de espículas de espongiarios de agua dulce con escaso grado de desintegración apoyan esta inferencia. El bajo porcentaje relativo de los fitolitos de ciperáceas y de lóricas de crisostomatáceas, están indicando que los cuerpos de agua lénticos eran escasos.

Los sedimentos estudiados son depósitos de una planicie aluvional, donde coexistían paleocomunidades terrestres como los palmares con paleocomunidades fluviales. Estas condi-

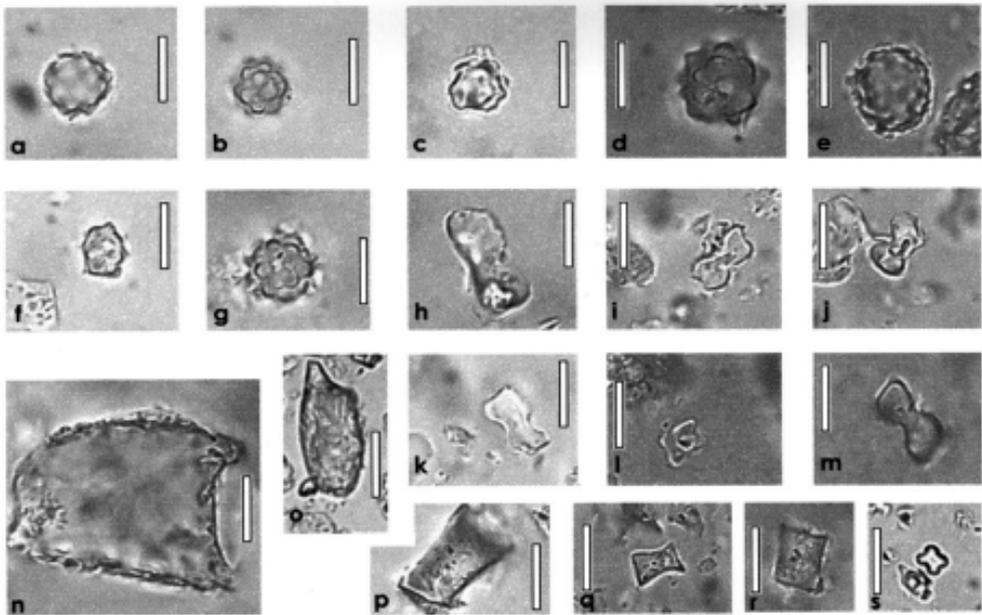


Figura 4. Tipos morfológicos de la asociación fitolítica: a - g. Pristmatolita. h e i. Flabelolita. j. Fitolito incertis sedis. k y l. Espículas. m - o. Nuxolita. Escala gráfica : 16 μm , en * : 40 μm . / Morphological types of phytolith assemblages: a - g. Pristmatolita. h and i. Flabelolita. j. Incertis sedis phytolith. k and l. Spicules. m - o. Nuxolita. Scale bar: 16 μm , in * : 40 μm .

ciones alternaron con episodios cíclicos de incursiones marinas, como lo indica la presencia del banco de ostras infrayacente y la caliza organógena con restos de bivalvos. El palmar se desarrolló en un paleoambiente marino costero de llanura aluvional surcada por ríos o arroyos bastante correntosos con escasa presencia de ambientes inundables o anegados, y condiciones paleoclimáticas tropicales a subtropicales húmedas.

En correspondencia a estas inferencias, sobre la base de estudios litológicos, Iriondo (1973) concluye que esta secuencia sedimentaria fue depositada en un ambiente de poca profundidad muy cercano a la línea de costa correspondiendo a un depósito marino infralitoral a litoral. Mientras que los estudios realizados sobre la icnofauna de esta unidad sugieren un ambiente marino litoral a sublitoral desarrollado bajo condiciones paleoambientales templadas a cálidas (Aceñolaza y Aceñolaza, 1999).

Esta paleocomunidad constituye el primer registro de este tipo para la Formación Paraná, y de acuerdo al esquema paleovegetacional descrito mediante análisis paleopalinológicos permite la incorporación de un ambiente de planicie aluvional (figura 5) donde se desarrolló una paleocomunidad dulceacuícola de cursos de agua correntosos que se encontraba presente junto con la paleocomunidad de los palmares.

Registros de la paleocomunidad de los palmares durante el Cenozoico superior y su distribución en la flora actual

Los primeros registros palinológicos de las Arecaceae datan del Maastrichtiano (Muller, 1979, 1981); en Sudamérica, se ha observado su presencia a lo largo de todo el Cenozoico (Menéndez, 1971; Romero, 1978 y 1986). En la región mesopotámica los registros más anti-

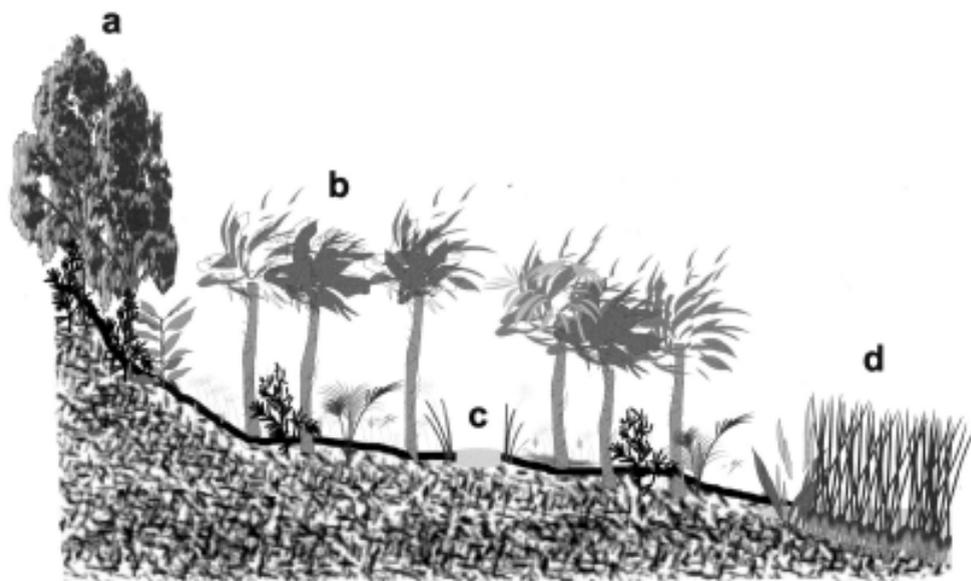


Figura 5. Reconstrucción paleoecológica y paleoambiental de la Formación Paraná en Puerto General Alvear. a. Bosque higrófilo. b. Paleocomunidad de palmares con vegetación de cursos de agua (c). d. Paleocomunidad higrófila. / Paleoeecology and paleoenvironment reconstruction of Paraná Formation in Puerto General Alvear. a. Higróphilic forest. b. Palms paleocommunity with torrent vegetation (c). d. Higróphilic paleocommunity.

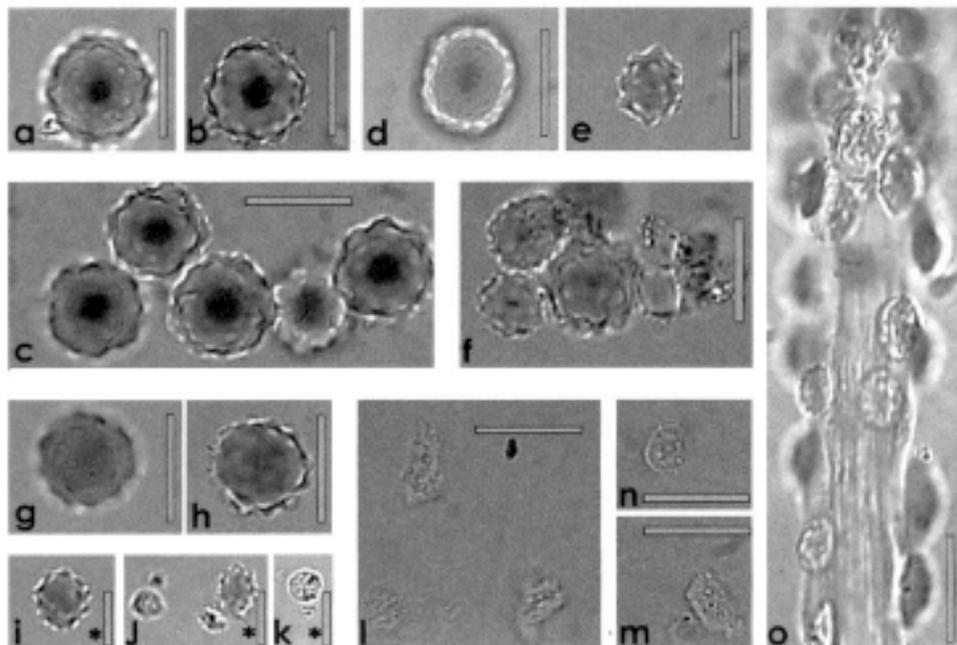


Figura 6. Tipos morfológicos de las asociaciones fitolíticas foliares de: a - c. *Trithrinax campestris*. d - f. *Copernicia alba*. g - i. *Syagrus romanzoffiana*. j - k. *Butia yatay*. l - o. *Acrocomia totai*. Escala gráfica : 15 μ m, en * : 7,5 μ m. / Morphological types of leaf phytolith assemblages from: a - c. *Trithrinax campestris*. d - f. *Copernicia alba*. g - i. *Syagrus romanzoffiana*. j - k. *Butia yatay*. l - o. *Acrocomia totai*. Scale bar: 15 μ m, in * : 7,5 μ m.

guos descritos hasta el momento pertenecen a la Formación Ituzaingó (Plio-Pleistoceno) y Formación Salto Chico (Plio-Pleistoceno) con la descripción de granos de polen y leños petrificados, respectivamente (Anzótegui y Lutz, 1987). En la paleocomunidad descrita en este trabajo, se realiza la primera cita de esta familia para la Formación Paraná, ampliando su biocron regional hasta el Mioceno medio.

En la secuencia sedimentaria del perfil Puerto General Alvear, a la Formación Paraná se superpone en discordancia la Formación Alvear (Pleistoceno inferior), en donde los estudios realizados muestran la presencia de fitolitos del tipo de las globulolitas. Estos fitolitos presentan una menor frecuencia relativa, y es notoria una mayor abundancia de fitolitos de afinidad graminoide, siendo estos últimos totalmente dominantes en la asociación fitolítica de la Formación Tezanos Pinto (Pleistoceno superior) suprayacente.

En lo que respecta a la distribución actual de los palmares, en la región se encuentran representadas dos tribus de las Arecaceae: las Corypheae (con las especies *Trithrinax campestris* y *Copernicia alba*) y las Cocoeae (con las especies *Butia yatay* y *Syagrus romanzoffiana*), de acuerdo a la clasificación de la familia propuesta por Uhl y Dransfield (1987) y Uhl *et al.* (1995). La distribución de estas especies ha sido bastante alterada durante el siglo pasado, tanto por la influencia antrópica como la climática; así relatos de la primera mitad de siglo (Báez, 1937 y 1942) describen a las especies de *Trithrinax* sp. y *Copernicia* sp. distribuidas en la región del Montiel, NE de Santa Fe (Ragonese, 1941) y Corrientes, y añade que "parece que la Caranday de Corrientes y Chaco, *Copernicia* y otras *Trithrinax* avanzaran por las llanuras chaqueñas hasta llegar al altiplano

de Bolivia y quizá a los valles de la precordillera andina” (Báez, 1937: 70); en tanto *Butia* sp. y *Syagrus* sp. poseen una dispersión mesopotámica, con una abundancia que disminuye notoriamente hacia el S, formando comunidades restringidas que Báez denominó núcleos de palmares. Al respecto, tanto Báez (*op cit.*) como Ibáñez (1962), señalan la presencia de un núcleo de *B. yatay* en la localidad de Puerto General Alvear, el cual es inexistente en la actualidad.

Sus características mesológicas muestran que *T. campestris* habita en las zonas de suelos arcillosos de la provincia de Entre Ríos, en climas templados cálidos, lluviosos, aunque se adapta a periodos de sequía, asociada a la vegetación de monte del NO de la provincia. *C. alba* se distribuye en lugares bajos y generalmente salobres de la provincia de Santa Fe (Ragonese, 1941). *B. yatay* es una palmera que crece en suelos muy arenosos; exceptuando los núcleos de la costa del río Uruguay, la especie no se distribuye en comunidades puras, con escasa importancia numérica, desarrollándose principalmente en albardones arenosos asociadas con matorrales arbustivos (Ibáñez, 1962). *S. romanzoffiana* es una palmera hidrófila, sociable con otros árboles ribereños, que crece preferentemente en terrenos húmedos y arenosos. Su origen es austrobrasileño, y su vía de penetración a la provincia de Entre Ríos es a través de la cuenca del río Uruguay (Báez, 1937; Ibáñez, 1962). De lo expuesto puede concluirse que las Arecaceae en la flora entrerriana están representadas por dos grupos: el de la tribu Corypheae con características afines al Dominio Chaqueño y el de la tribu Cocoeae con características de afinidad con el Dominio Amazónico.

El análisis comparativo de sus asociaciones fitolíticas permitió establecer que *T. campestris* (figura 6 a, b y c) se caracteriza por la presencia de fitolitos globulares espinosos de 14 - 20 μm de diámetro promedio. La asociación fitolítica de *C. alba* (figura 6 d, e y f) posee elevada abundancia de fitolitos globulares espinosos y microespinosos de elevado diámetro (14 - 20 μm) con menor frecuencia de fitolitos globulares espinosos de menor tamaño (7 - 10 μm de diámetro). Por otra parte, *S. romanzoffiana* presenta una asociación dominada por fitolitos globulares espinosos grandes (12 μm de diámetro promedio) (figura 6 g y h) y pequeños (7 μm de diámetro promedio) (figura 6 i). *B. yatay* se caracteriza fitolíticamente por la presencia de cuerpos elípticos espinosos (figura 6 j) asociados con cuerpos circulares achatados en sus bordes (figura 6 k), morfológicamente similares a los observados en *Acrocomia totai* (figura 6 l, m, n y o).

De acuerdo al marco morfológico observado para las Arecaceae de la región, los fitolitos que componen la asociación descrita para la Formación Paraná, presentan una mayor afinidad con los representantes de la tribu Corypheae, cuyos integrantes son característicos del Dominio Chaqueño.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. R. Herbst cuya lectura crítica y sugerencias permitieron mejorar el manuscrito. Este trabajo se ha realizado con el financiamiento del PEI-CONICET 0113-98.

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. 1976. Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. *Acta Geológica Lilloana* 13 (2): 91-107. Tucumán.
- Aceñolaza, F.G. 2000. La Formación Paraná (Mioceno medio): estratigrafía, distribución regional y unidades equivalentes. En: Aceñolaza F. G. y Herbst, R. (eds.), *El Neógeno de Argentina. Correlación Geológica* 14: 9-27.
- Aceñolaza, F.G. y Aceñolaza, G.F. 1999. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba* 64: 209-233. Córdoba.

- Anzótegui, L.M. y Garralla, S.S. 1982. Estudio palinológico de la Formación Paraná (Mioceno superior). I Parte. Pozo "Josefina", provincia de Santa Fe, Argentina. *III Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Resumen. : 32. Corrientes.
- Anzótegui, L.M. y Garralla, S.S. 1986. Estudio palinológico de la Formación Paraná (Mioceno superior) (Pozo "Josefina", provincia de Santa Fe, Argentina. I Parte - Descripción sistemática. *Facena*, 6: 101-177.
- Anzótegui, L.M. y A.I. Lutz. 1987. Paleocomunidades vegetales del Terciario superior ("Formación Ituzaingó") de la Mesopotamia Argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 18(2): 131-144.
- Báez, J.R. 1937. Área de dispersión actual de las palmeras en la flora de Entre Ríos. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos "GEA"*, 5: 63-78.
- Báez, J.R. 1942. Las palmeras en la flora de Entre Ríos. *Public. Comis. Coordinadora de Servicios. Paraná. Exposic. forestal de Bs. As (M. A.N.)*, :1-11.
- Bertoldi de Pomar, H. 1970. Fitolitos y zoolitos, su significado geológico en sedimentos continentales. *Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba*, 1(1): 21-31.
- Bertoldi de Pomar, H. 1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 8 (3-4): 317-328.
- Bravard, A. 1858. *Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná*. Imprenta del Registro Oficial. 107 pp. Paraná. (Reimpresión Imprenta del Congreso de la Nación, 1995).
- Cozzuol, M.A. 1993. *Mamíferos acuáticos del Mioceno medio y tardío de Argentina. Sistemática, evolución y biogeografía*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. 178 pp. Inédita.
- Del Río, C. 1991. *Revisión sistemática de los bivalvos de la Formación Paraná (Mioceno medio) provincia de Entre Ríos*. Monografía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y naturales, 7, 93 pp. Buenos Aires.
- Fredlund G. y L.T. Tieszen. 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography*, 21: 321-335.
- Gamerro, J.C. 1981. *Azolla y Salvinia* (Pteridophyta Salviniales) en la Formación Paraná (Mioceno superior), Sta Fe, Rep. Argentina. *IV Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*, Resumen, 3: 12-13.
- Garralla, S.S. 1989. Palinomorfos (Fungi) de la Formación Paraná (Mioceno superior) del pozo Josefina, provincia de Santa Fe, Argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 20(1-2) :29-39.
- Herbst, R. y Zabert, L.L. 1987. Microfauna de la Formación Paraná (Mioceno superior) de la cuenca Chaco-Paranense (Argentina). *Facena* 7: 165-206. Corrientes.
- Ibáñez, F.M. 1962. Vegetación de la provincia de Entre Ríos. *Revista Nordeste*, 4 : 93-127.
- Iriondo, M. 1973. Análisis ambiental de la Formación Paraná en su área tipo. *Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba*, 2 (1): 19-24.
- Menéndez, C.A. 1971. Floras terciarias de la Argentina. *Ameghiniana*, 8(3-4): 357-371.
- Muller, J. 1979. Reflections of fossil palm pollen. En: *4th International Palynological Conference: proceedings*, 1: 568-578. Birbal Sahni Institute of Paleobotany, Lucknow.
- Muller, J. 1981. Fossil pollen records of extant angiosperms. *Botanical Review*, 47:1-142.
- Ragonese, A.E. 1941. La vegetación de la provincia de Santa Fe. *Darwiniana* 5: 369-428.
- Reinhart, R. 1976. Fossil Sireniaceae and Desmostylidae from Florida and Elsewhere. *Bulletin Florida State Museum of Biological Science*, 20: 187-300. Florida.
- Romero, E. 1978. Paleocología y paleofitogeografía de las taflofloras del Cenofítico de Argentina y áreas vecinas. *Ameghiniana*, 15(1-2): 209-227.
- Romero, E. 1986. Paleogene phytogeography and climatology of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 73: 449-461.
- Rossi de García, E. 1966. Contribución al conocimiento de los ostrácodos de la Argentina. I. Formación Entre Ríos de Victoria, provincia de Entre Ríos. *Asociación Geológica Argentina*, Revista 21 (3): 194-208. Buenos Aires.
- Twiss, P.C. 1992. Predicted world distribution of C₃ and C₄ grass phytoliths. En: Rapp, G. and S.C. Mulholland (eds.): *"Phytolith Systematics."*:113-128. Plenum Press.
- Uhl, N.W. y J. Dransfield. 1987. *Genera palmarum: a classification of palms based on the work of H.E. Moore, Jr*: 610 pp. International Palm Society and L.H. Bailey Hortorium, Lawrence, Kan.
- Uhl, N.W.; Dransfield, J.; Davis, J.I.; Luckow, M. A.; Hansen, K.S. y J.J. Doyle. 1995. Phylogenetic relationships among palms: Cladistic analyses of morphological and chloroplast DNA restriction site variation. En: Rudall, P.I.; Cribb, P.J.; Culter, D.F. y C.J. Humphries (eds.): *"Monocotyledons: systematics and evolution"*. :623-661. Royal Botanical Garden, Kew.
- Zabert, L.L. y Herbst, R. 1977. Revisión de la microfauna Miocena de la Formación Paraná (entre Victoria y Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos, Argentina) con algunas consideraciones estratigráficas. *Facena* 1: 131-164. Corrientes.

Recibido: 18 de agosto de 2000

Aceptado: 20 de noviembre 2000

Malacofauna de las Formaciones Paraná y Puerto Madryn (Mioceno marino, Argentina): su origen, composición y significado bioestratigráfico

Claudia Julia DEL RÍO¹

Abstract - MALACOFUNA OF THE PARANÁ AND PUERTO MADRYN (MARINE MIOCENE, ARGENTINA): ORIGIN, COMPOSITION AND BIOSTRATIGRAPHIC SIGNIFICANCE. The Middle- lower Late Miocene sea that covered the eastern part of Argentina, deposited an interesting fossiliferous sequence dominated by molluscs. These horizons comprise the Puerto Madryn Formation that crops out in northeastern Patagonia, the Paraná Formation exposed along the Paraná River (Entre Ríos Province), and the strata placed in the subsurface of the Buenos Aires Province. The most conspicuous feature of each one of these units is the abundant, diverse and exceptionally well preserved molluscan assemblages contained in thick shell-beds recovered throughout the sequence. Its homogenous stratigraphic distribution and distinctive composition allowed the *Aequipecten paranensis* Zone and the Aonikense Molluscan Stage to be recognized in northeastern Patagonia (Del Río, 1988).

Because of the compositional similarities among assemblages from Patagonia and those contained in the Paraná Formation and in the subsurface of the Buenos Aires Province, it is proposed to extend the *Aequipecten paranensis* Zone to include faunas yielded in the latter units. The lower "Paranense Stage", the "Entrerriense Stage" and the uppermost marine "Rionegrense Stage" of the Paraná Formation contain the same molluscan assemblage and this fact does not support the idea these stages to represent three different transgressions as it was previously thought.

Composition of this fauna indicates that deposition varied from mid-shelf to intertidal environments and also points to the development of tropical temperatures in Southwestern Atlantic Ocean during Middle-lower Late Miocene times, before the abrupt cooling recorded in Antarctic and Subantarctic waters by 10 MA ago. Its taxonomic composition reveals the extinction of most paleoaustral elements that had characterized the Southern Hemisphere Paleogene faunas, as well as the abrupt increase of Caribbean-Indo-Pacific taxa, an extremely poor represented group in the oldest Patagonian assemblages, and also shows the strong development of endemic elements of the American continent.

Key words: Biostratigraphy. Marine Miocene. Mollusks

Palabras clave: Bioestratigrafía. Mioceno marino. Moluscos.

Introducción

Durante el Mioceno una gran parte de la Argentina estuvo cubierta por un mar conocido ampliamente en la literatura geológica como "mar entrerriense o paranense". (Figura 1), del que se conocen facies marinas en el este y facies marginales y lacustres en el oeste y noroeste del país. Los espesores más potentes corresponden a los depósitos del subsuelo del ámbito Chaco-paranense, mientras que secuencias que no superan los 200 metros de espesor, afloran en Patagonia nororiental (Formación Puerto Madryn) y en el este de la provincia de Entre Ríos, donde aflora la delgada secuencia de la Formación Paraná.

La característica más notoria de todos estos depósitos lo constituye la abundante y diversa fauna de moluscos restringida a las facies marinas de las formaciones Paraná y Puerto Madryn y

¹ Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Angel Gallardo 470 (1405) Buenos Aires, Argentina.
Dirección electrónica: delrio@sinectis.com.ar

a las del subsuelo de la provincia de Buenos Aires. A continuación, luego de una breve reseña estratigráfica y ambiental de las unidades marinas portadoras de esta malacofauna, se describirán sus rasgos composicionales y el posible origen de los taxones integrantes de la asociación, a la vez que ésta será comparada con las faunas terciarias de Patagonia que la precedieron. Finalmente se caracterizará la Zona de "*Aequipecten*" *paranensis*, y se discutirá su extensión en el norte de Patagonia como indicador de la presencia del mar "entrerriense" más al sur del Bajo del Huesos (provincia del Chubut).

Estratigrafía y ambientes

Las primeras menciones sobre la existencia este mar son de índole paleontológica y datan desde mediados del siglo diecinueve. Fueron efectuadas por d'Orbigny (1842), quien halló moluscos marinos en los alrededores de la ciudad de Paraná y en la desembocadura del río Negro. Unos años más tarde, Darwin (1846) encontró la misma fauna en la península Valdés, quedando así establecida la presencia de estos depósitos en la Patagonia septentrional y en la provincia de Entre Ríos, los que constituyeron, por otra parte, las primeras citas del Terciario marino en la Argentina.

Darwin (1862), Bravard (1858) y Burmeister (1863, 1876), dieron a conocer su existencia en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires, mientras que Roth (1908), Bodenbender (1912), Stappenbeck (1927) y Groeber (1929 y 1949) mencionaron la presencia de facies salobres relacionadas con esta transgresión en el centro, noroeste y oeste de la Argentina. Windhausen (1931) reunió las ideas estratigráficas de la época, propuso que ésta constituía la segunda transgresión más amplia del Terciario en la Argentina, y proporcionó además la primera reconstrucción paleogeográfica de la misma.

La presencia de facies salobres en el noroeste (Formaciones Salí, San José y Anta) y centro del país se vio posteriormente confirmada paleontológicamente mediante los hallazgos microfaunísticos efectuados por Zabert y Herbst (1977), Russo y Serraioto (1978), Zabert (1978), Bertels y Zabert (1980), Zabert y Barbano (1982-1984) y Herbst y Zabert (1987) determinándose así la presencia de una misma asociación en todos los depósitos del noroeste y centro del país, en aquellos de la región de Paraná y en los del subsuelo de la provincia de Buenos Aires.

Indudablemente fueron los depósitos marinos orientales de la transgresión los que han llamado intensamente la atención de los estudiosos desde mediados del siglo pasado. La típica fauna de moluscos, ampliamente distribuida en todos estos horizontes fosilíferos, permitió rápidamente que se los diferencie y separe del resto de las unidades terciarias marinas de la Patagonia, y ya desde la época de d'Orbigny hasta la de Frenguelli, aparecieron en la literatura geológica una serie de términos con implicancias litoestratigráficas y/o cronoestratigráficas. Estos "pisos" marinos del Terciario fueron nominados sobre la base del contenido malacológico de las sedimentitas, el que por otra parte, era apenas conocido hasta entonces. Entre los trabajos referidos a estos horizontes caben ser destacados los de d'Orbigny (1842), Darwin (1846), Döring (1882), C. Ameghino (1890), F. Ameghino (1906), Rovereto (1913, 1921), Frenguelli (1920, 1926) y Feruglio (1949), quienes propusieron los pisos "Patagoniense", "Aonikense", "Paranense", "Enterriense" y "Rionegrense". La estratigrafía propuesta por estos autores y su equivalencia con la Formación Puerto Madryn y Formación Paraná están resumida en las Figuras 2, 3, y 4 (ver del Río, 1988 y 1989, para discusión detallada de los antecedentes geológicos).

La actual Formación Puerto Madryn (Haller, 1978), cuya localidad tipo se encuentra en Barrancas Blancas (alrededores de la ciudad de Puerto Madryn), está constituida por una inter-

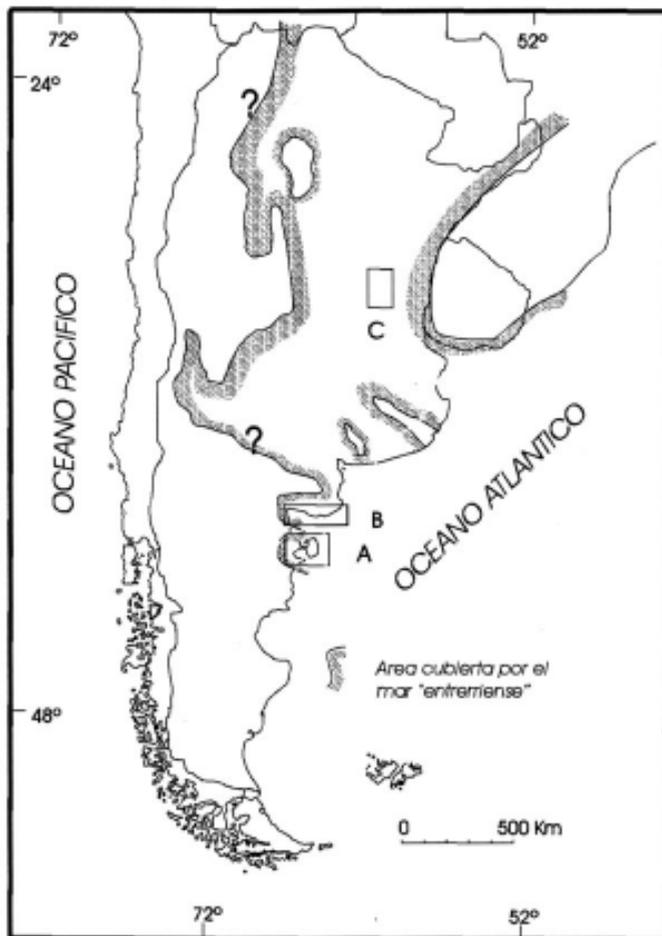


Figura 1 - Región abarcada por los depósitos del “mar entrerriense/paranense”. A-B-C= áreas con afloramientos fosilíferos (ver ampliación de los mismos en las figuras 5, 6 y 7 respectivamente) (modificado de del Río y Martínez, 1998 a).

calación de 150 metros de espesor de areniscas finas de colores grises y amarillentos, pelitas y limolitas blanquecinas y por potentes espesores coquinoideos con matriz arenosa o limosa. El techo lo constituyen los Rodados Tehuelches y se apoya sobre las cineritas blanquecinas de la Formación Gaiman (Haller y Mendiá, 1980). La superficie de contacto entre ésta última y la Formación Puerto Madryn fue interpretada como “una superficie coplanar” entre la superficie de erosión de nivel del mar bajo-regresiva y la superficie de ravinement-transgresiva” (Scasso et al. 1999a: 73). Ambas unidades afloran en las barrancas que circundan al golfo Nuevo desde los alrededores de la ciudad de Puerto Madryn hasta la latitud de Eje Tentativo, en el istmo Ameghino (Figura 5). A partir de esta localidad, hacia la península Valdés, solo aflora la Formación Puerto Madryn.

Camacho (1967) reconoció a la Formación Puerto Madryn en la región norpatagónica, desde la península Valdés hasta el Bajo Gualicho. Esta unidad reaparece 16 kilómetros al norte de

esta última localidad, prolongándose hasta Puerto Lobos y Cueva Los Leones (provincia del Chubut) y en la provincia de Río Negro vuelve a aflorar en las Salinas del Gualicho y a lo largo del golfo San Matías (Figura 6). En las localidades de Cueva Los Leones y Salinas del Gualicho, la Formación Puerto Madryn se apoya sobre los "Estratos con *Monophoraster* y *Venericor*" (Eoceno tardío?-Mioceno temprano?) (Rizzolo, 1968; Camacho, 1974) y en las Salinas del Gualicho está cubierta por la Formación Puerta del Diablo (Sepúlveda, 1983). A lo largo del golfo San Matías, niveles correlacionables con la Formación Puerto Madryn fueron denominados "Facies Balneario La Lobería" (Angulo y Casamiquela, 1982), los que se intercalan en la base de la Formación Río Negro (Andreis, 1965) allí aflorante.

En la región mesopotámica, los depósitos miocenos corresponden a la Formación Paraná Yrigoyen (1969) y se restringen al borde oriental de la misma, aflorando a lo largo del río Paraná entre Diamante y La Paz. (Figura 7). A diferencia de la Formación Puerto Madryn, esta unidad aflora en forma discontinua y se caracteriza por una marcada variación facial. De acuerdo con Aceñolaza (1976), la sección aflorante de la Formación Paraná no supera los 30 metros de espesor y está constituida por arcillas, arcillitas limolíticas verdosas, arenas, areniscas limolíticas amarillentas y coquinas con matriz arenosa o calcárea.

Con respecto a los ambientes de depositación de las Formaciones Puerto Madryn y Paraná en sus áreas tipo, los análisis paleontológicos y paleoambientales realizados señalan la presencia de facies marinas someras para los términos de la transgresión, que se extienden desde la Patagonia hasta la provincia de Entre Ríos, a lo largo de una franja de rumbo norte-sur, de aproximadamente 1100 kilómetros de longitud.

La Formación Paraná habría sido depositada en un ambiente marino somero con influencias deltaicas (Iriondo, 1973). Por otra parte, Aceñolaza y Aceñolaza (2000) determinaron que esta unidad correspondería a una secuencia transgresiva depositada desde ambientes aéreos o subaéreos a submareales, representados estos últimos por barreras arrecifales.

Con respecto a la Formación Puerto Madryn aflorante en los alrededores de la ciudad de Puerto Madryn y la península Valdés, Scasso y del Río (1987) determinaron que se trata en términos generales de una secuencia regresiva con facies depositadas en la plataforma por debajo de la base del tren de olas en ambientes de baja energía, y de facies más someras depositadas en un ambiente con dominio alternativo de mareas y tormentas (facies de lenguas arenosas submareales, de canales de mareas, coquinas tempestíticas y planicies de mareas) y paleosuelos. El análisis tafonómico de los moluscos señaló que esta fauna se desarrolló bajo condiciones someras marinas abiertas y de salinidad normal en profundidades oscilantes entre la zona intertidal y la plataforma media e interna, registrándose en la parte media de la secuencia ciclos de profundización desde profundidades situadas en el foreshore (inmediatamente por detrás de la rompiente) a ambientes de baja energía de plataforma interna (del Río *et al.*, 1999 a, b, 2001).

Por otra parte, las unidades del noroeste argentino representan a ambientes marginales con facies lacustres de aguas salobres (Gavriloff y Bossi 1992 a, b, Cione *et al.*, 1995; Bossi *et al.* 1999), no habiéndose recuperado hasta el momento moluscos marinos de estos depósitos.

Análisis de la malacofauna

Generalidades. Las descripciones más tempranas de los moluscos contenidos en las Formaciones Paraná y Puerto Madryn en sus localidades tipo, correspondieron a d'Orbigny (1842) y Sowerby (1846) quienes ilustraron los primeros moluscos marinos del Terciario de la Argenti-

DARWIN 1846	DOERING 1882	F. AMEGHINO 1898 - 1906	ROVERETO 1913 - 1921	WINDHAUSSEN 1921	FRENGUELLI 1926	FERUGLIO 1949	HALLER 1981	SCASSO Y DEL RIO 1987
FORMACIÓN PATAGÓNICA	PISO PATAGÓNICO MEDIO	F. ARAUCANA	RIONEGRENSE (continental) RIONEGRENSE (marino)	ARAUCANO	FORMACIÓN ARAUCANA	PUELCHENSE		
		F. ENTERRRIANA	PARANENSE	ENTERRRIANO AONIKENSE	FORMACIÓN ENTERRRIANA	RIONEGRENSE (marino) RIONEGRENSE (continental) ENTERRRIENSE AONIKENSE	RIONEGRENSE (marino)	FORMACION PUERTO MADRYN
		F. PATAGÓNICA	LEONENSE	LEONENSE	FORMACIÓN ARAUCANA	LEONENSE	JULIENSE	FORMACION GAIMAN (ex.F. Caballina) "ARENISCAS DEL CASCO"
								PATAGONIENSE

Figura 2 - Estratigrafía propuesta para las sedimentitas marinas aflorantes en la región de la península Valdés, en el golfo Nuevo (provincia del Chubut) y en la desembocadura del río Negro (provincia de Río Negro).

na. Las primeras revisiones de esta asociación le correspondieron a Borchert (1901) e Ihering (1907). La presencia de esta malacofauna en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires fue mencionada por Darwin (1862), Burmeister (1863), Ihering (1907) y Doello Jurado (1915), mientras que las descripciones de las mismas le correspondieron a Wahnish (1937, 1939), Carral Tolosa (1942) y Camacho (1966).

Los antecedentes sobre los estudios de esta fauna fueron discutidos en sucesivos estudios sistemáticos de la misma efectuados recientemente por del Río (1985, 1986, 1987, 1989, 1991, 1992, 1994), del Río y Martínez (1998 b) y Martínez *et al.* (1998) quienes dieron a conocer un total de 52 especies de gastrópodos y 91 de bivalvos para la Argentina (Figura 8).

Esta asociación tiene predominio de pectínidos y ostreas, al que siguen los venéridos y arcoideos. En orden de abundancia continúan los gastrópodos, que constituyen una asociación menos diversificada que la de los bivalvos, y el mayor número de especies proviene de la Formación Paraná. Acompañando a los moluscos se encuentran briozoarios, escasamente representados en esta última unidad, pero abundantes en la Formación Puerto Madryn, braquiópodos, representados por tres especies provenientes de la Formación Puerto Madryn, dos especies de equinodermos, de las que *Monophoraster darwini* es muy abundante en la sección media de la Formación Puerto Madryn, varias especies no determinadas de balánidos y tres especies de cangrejos.

Origen y composición de la asociación de moluscos. En el transcurso del Terciario se sucedieron en la Patagonia por lo menos cinco asociaciones de moluscos. La más antigua, de edad paleocena, está contenida en las sedimentitas "rocanenses", "salamanquenses" y en la Formación Dorotea, y fue analizada por Camacho (1992). Le siguieron otras tres asociaciones contenidas en las Formaciones San Julián y Monte León, en sus áreas tipo, y aquella presente en los "Estratos con *Monophoraster* y *Venericor*" (en parte Formación Chenque de la cuenca del Golfo de San Jorge). Estas unidades fueron ubicadas por Camacho (1974; 1995) en el lapso Eoceno

tardío -Oligoceno, si bien Bertels y Ganduglia (1977), Cione y Expósito, (1978) y Barreda (1990; 1996) situaron a las sedimentitas asignadas a los "Estratos con *Monophorastery Venericor*" aflorantes en los alrededores de Comodoro Rivadavia (Formación Chenque) en el Oligoceno tardío?-Mioceno temprano, sobre la base de su contenido palinológico, de vertebrados y foraminíferos, quizá abarcando el Mioceno medio basal para el caso de los terminos superiores de la Formación Chenque en su área tipo. En quinto y último lugar, se desarrolló la asociación "enterriense-paranense". El origen y composición de cada una de ellas respondió, entre otras causas a las modificaciones paleogeográficas y paleoclimáticas acaecidas en el Atlántico Sur y al cambiante diseño paleocirculatorio en estas latitudes (Camacho 1967, 1969 y 1974). La modificación faunística entre las asociaciones de los terminos superiores de la Formación Monte León (Oligoceno tardío- ?Mioceno temprano) y la contenida en las Formaciones Puerto Madryn y Paraná en sus localidades tipo fueron de relevancia, siendo el Mioceno medio alto-tardío, escenario de grandes cambios en la composición del macrobentos. Para este momento se registró una fuerte reducción en la diversidad de las faunas con respecto a las asociaciones que caracterizaron al mar paleógeno, a la vez que se observa una renovación faunística casi total con la aparición de numerosos taxos desconocidos hasta entonces en el Atlántico sur.

Entre los grupos paleógenos que sufrieron extinciones severas se encuentran los corales, que desaparecieron casi por completo de las aguas a partir de Mioceno medio, y los braquiópodos y equinodermos, que redujeron su diversidad drásticamente a solo unas pocas especies. Si bien numerosos grupos de moluscos se extinguieron en el pasaje del Mioceno temprano al Mioceno medio-alto, los índices de diversidad específica y genérica de los moluscos del Mioceno medio-alto no disminuyó con respecto a los del Oligoceno y Mioceno temprano, debido a la incorporación de un 66% de géneros nuevos en estas latitudes. Los taxones oligocenos que desaparecieron por completo a partir del Mioceno medio integran las familias de gastrópodos Aporrhaidae, Struthiolariidae, Cassidae, Volutomitridae y Mitridae, y los bivalvos mallétidos y cuculleoideos. Otras familias, en cambio, si bien no se extinguieron, vieron sustancialmente reducida su representatividad, tal como las de los volútidos, muricáceos y turritelloideos. La familia Pectinidae constituyó el grupo mejor representado y más abundante durante el Terciario patagónico y la totalidad de los géneros que vivieron hasta el Mioceno temprano se extinguieron y aparecieron nuevas formas, representadas en las formaciones Paraná y Puerto Madryn por *Amusium*, *Flabellipecten*, *Chesapecten*, "*Aequipecten*", *Argopecten* y "*Chlamys*".

Del Río (1990 y 1991) analizó la composición de los bivalvos contenidos en la Formación Puerto Madryn aflorante en la región de la península Valdés y en la Formación Paraná, pero los valores proporcionados en aquellas oportunidades se han visto modificados después de las últimas revisiones realizadas (del Río y Martínez, 1998 b y Martínez *et al.*, 1998) y por la inclusión de los gastrópodos, que entonces no habían sido aún estudiados. En esta forma, se tiene que el 46% de los géneros de moluscos estudiados pasó a integrar las malacofaunas recientes del Atlántico sudoccidental, las que se encuentran distribuidas en las bioprovincias Magallánica y Argentina, sobreviviendo 14 de un total de 143 especies miocenas (*Scurria scurra*, *Tegula* (*Agathistoma*) *patagonica*, *Trophon geversianus*, *Leionucula puelcha*, *Adrana electa*, *Diplodonta* (*Felaniella*) *vilardeboana*, *Crassostrea rizophorae*, *Maetra* (*M.*) *janeiroensis*, *Maetra patagonica*, *Tivela* (*Eutivela*) *isabelleana*, *Amiantis purpuratus*, *Protothaca antiqua*, *Caryocorbula caribaea* y *Cyrtopleura lanceolata*). (Figura 9). El 10% de los géneros de esta asociación se extinguió y el 44% restante no sobrevivió en estas latitudes, encontrándose los en la actualidad restringidos a las zonas tropicales del continente americano (20%), a las regiones caribeñas e indo-pacíficas, al sudoeste africano (9,5%), o restringidos exclusivamente a la región indo-pacífica (2,3%). En la composición de la fracción hoy extinguida en las aguas patagónicas, se tiene también una componente cosmopolita distri-

ENTRE RIOS			RIO NEGRO	
LITOLOGIA		CONTENIDO FOSILIFERO	LITOLOGIA	CONTENIDO FOSILIFERO
CAPA I	CALIZAS ARENOSAS	Ostrea alvarezii Venus münsteri Arca bomplandensis Cardium platense	CALIZAS ARENOSAS	Ostrea alvarezii Venus münsteri Arca bomplandensis
			ARENISCAS AZULES	
CAPA H	ARENISCAS OSTRERAS	Ostrea alvarezii Pecten denmanianus Pecten paranensis	CALIZAS OSTRERAS	Ostrea patagonica
CAPA G	ARCILLAS GRISES		ARENISCAS AZULES	Urolo sp.
CAPA F	ESTRATOS CALCAREOS		ARENISCAS OSIFERAS	Megamys patagonensis
CAPA E	ARENISCAS OSIFERAS	Toxodon paranensis	CALIZAS DENDRITICAS	
			ARENISCAS DENDRITICAS	
CAPA D	ARENISCA TERCIARIA MARINA	Ostrea sp. Venus sp.	ARENISCA TERCIARIA MARINA	Pecten patagonensis

Figura 3 - Estratigrafía propuesta por d'Orbigny (1842) para la Formación Paraná en su área tipo y para las sedimentitas miocenas marinas de la desembocadura del río Negro.

buida solo en regiones tropicales que corresponde al 6,5% y otra cosmopolitas *s.l.* (3,2%).

Con respecto al origen de esta malacofauna se determinó la participación de componentes paleoaustales, endémicos, cosmopolitas y "caribeños-indo-pacíficos". Entre los elementos paleoaustales se registró una fuerte reducción con respecto a las faunas oligocenas y se cuenta con solo dos géneros heredados de las asociaciones predecesoras: *Glycymerita* y *Pteromyrtea* (2%) (Figura 9). A los taxones endémicos del Atlántico sudoccidental heredados del Oligoceno (*Valdesia*, *Spirocolpus*, "*Ostrea*", "*Trophon*", *Retrotapes* y *Ameghinomya*) y extinguidas al finalizar el Mioceno, se sumaron dos pectínidos: "*Aequipecten*" y "*Chlamys*", y otros géneros que quedaron restringidos a estas regiones hasta hoy, constituyendo éstos el 19% del total de la fauna (Figura 10). El porcentaje de géneros cosmopolitas, algunos de los cuales persistieron en las faunas actuales del litoral argentino, ascendió al 28%.

Una de las características más notorias, lo constituye la aparición en el Atlántico sur de formas características de las bioprovincias miocenas Caloosahatiana y Gatuniana (tanto con componentes atlánticos cuanto pacíficos) y de las subprovincias pliocenas Limoniana, Esmeraldiana, Puntagaviliana (Provincia Gatuniana) y subprovincia Jacksonbluffiana (Provincia Caloosahatiana). Estas unidades, creadas por Petuch (1988), incluyen las áreas abarcadas por la Bioprovincia Miocena de Woodring (1974), es decir, la región Caribeña, sudoeste de los Estados Unidos y noroeste de Sudamérica. Los géneros aquí considerados como caribeño-indo-pacíficos, incluyen a aquellos que habrían tenido su origen en las zonas tropicales del continente americano antes de la formación del istmo de Panamá, así como aquellos taxones de

distribución indo-pacífica durante el Terciario que migraron hacia el Caribe vía Pacífico o Atlántico, o que utilizaron una vía directa hacia el Atlántico sudoccidental y sudoriental (Sudáfrica) (Figuras 11- 12). Estos géneros (elementos caribeños e indo-pacíficos en del Río, 1988) conforman el 51% de la asociación en estudio y su presencia en el Atlántico sudoccidental durante el Terciario, representa la máxima extensión latitudinal alcanzada por estos taxones, los que después de una breve permanencia en nuestras aguas durante el Mioceno medio-tardío bajo, retrotrajeron su rango de distribución a las regiones tropicales americanas donde persistieron hasta el Reciente. Cabe mencionar que para Camacho (1995 y bibliografía en este trabajo), habría habido una inmigración procedente de las regiones caribeñas anterior a la del Mioceno medio y que habría contribuido a la asociación de la Formación Monte León, aunque algunos de los géneros de aguas cálidas presentes en esta unidad, probablemente tendrían un origen Indo-Pacífico y otros no estaban presentes para el Oligoceno en el Caribe.

Otro punto importante de destacar, es que más del 50% del total de la fauna de las Formaciones Puerto Madryn y Paraná, estuvo integrada por formas de distribución exclusiva en el continente americano desde su aparición hasta la actualidad, siendo éste el valor de endemismo americano más alto alcanzado por las faunas patagónicas durante el Terciario.

Inferencias Paleoclimáticas

Ihering (1927)) propuso temperaturas comprendidas entre los 18°C y los 22°C para el mar “entrierriense/paranense “ y estudios más recientes basados en el contenido de vertebrados y foraminíferos sugirieron temperaturas algo superiores a las recientes para las mismas latitudes (Gasparini, 1968; Gasparini y Báez, 1975, Scillato Yane, 1975; Báez y Gasparini, 1977; Zabert y Herbst, 1977; Bertels y Madeira-Falcetta, 1977, Cione, 1978, Boltovskoy, 1979; Bertels, 1979; Herbst y Zabert, 1987).

Teniendo en cuenta la distribución actual de los géneros de moluscos miocenos no cosmopolitas euritérmicos restringidos al continente americano, del Río (1990) determinó la presencia de aguas tropicales para el Atlántico sudoccidental, con temperaturas semejantes a las actuales en las bioprovincias del Golfo, Caribeña y Panameña, según terminología de Valentine, y a las Bioprovincias Caribeña, Caroliniana (según terminología de Petuch, usada en el presente trabajo) y Panameña. (Figura 13). Estos valores se encuentran intensificados teniendo en cuenta la distribución en las regiones tropicales de los géneros cosmopolitas estenotérmicos (*Arca*, *Dosinia*, *Strombus*, *Crassatellites*, *Chama* y *Martesia*) (Figura 12: 11-17) , de los géneros restringidos al Océano Indo-Pacífico (*Purpurocardia* y *Amusium*) (Figura 12: 1-3) y de las formas caribeñas también distribuidas en las regiones cálidas indo-pacíficas tales como *Cantharus*, *Bulla* y *Potiarca* (Figura 12: 4 -10). Por lo tanto, el 35 % de los géneros sobrevivientes, hoy están restringidos a aguas tropicales.

A conclusiones similares arribaron Zucol y Brea (2000), quienes determinaron condiciones tropicales a subtropicales húmedas para el palmar desarrollado en el ambiente marino costero donde se habrían depositado las sedimentitas de la Formación Paraná.

Bioestratigrafía y cronoestratigrafía

Zona de “*Aequipecten*” *paranensis* (d’Orbigny). La particular composición de esta malacofauna y su neta separación de las faunas predecesoras, permitió definir la Zona de

ENTRE RÍOS (Frenguelli, 1920)			PENINSULA VALDÉS (Frenguelli, 1926)	
SERIE	FORMACION	PISOS	SERIE	PISOS
PATAGONICA-ARAUCANA	ARAUCANA	HERMOSENSE	ARAUCANA	PUELCHENSE
		ARAUCANENSE		RIONEGRENSE (marino)
		RIONEGRENSE (marino)		
	NEOPATAGONICA	RIONEGRENSE (terrestre)	ENTRERRIANA	RIONEGRENSE (terrestre)
		ENTRERRIENSE (marino)		ENTRERRIENSE (marino)
	PALEOPATAGONICA	MESOPOTAMICO (continental)	PATAGONICA	AONIKENSE
PARANENSE SUPERIOR		LEONENSE		
PARANENSE INFERIOR				

Figura 4 - Correlación de las sedimentitas de la región de Paraná con las del golfo Nuevo y la península Valdés según Frenguelli (1920 y 1926)

“Aequipecten” paranensis, biozona que caracterizaría a las areniscas, pelitas y coquinas grises y amarillentas de la Formación Puerto Madryn que aflora en los alrededores de la ciudad de Puerto Madryn y en la península Valdés (del Río, 1988). El taxón que caracteriza a esta unidad, por su abundancia, amplia distribución geográfica, y por encontrárselo desde la base al techo de la secuencia, es el pectínido *“Aequipecten” paranensis* (d’Orbigny). La definición de la zona está basada sobre las partes coincidentes de la extensión estratigráfica de varios taxones de moluscos, apoyándose sobre las primeras y últimas apariciones documentadas de ciertos elementos específicos y genéricos, como así también sobre los rangos individuales de géneros y especies propios de la zona. El límite inferior está dado por la aparición de 26 géneros que llegan hasta el Reciente, mientras que el techo está señalado por el último registro en la Patagonia de 35 géneros exclusivos de esta zona y por la última aparición de 17 géneros heredados de las asociaciones oligocenas (Figura 14). La Familia Pectinidae es el grupo más abundante y presenta la distribución areal más extensa. Una de las características composicionales más notorias lo constituye la presencia en esta zona de los géneros con afinidades caribeño-indo-pacíficas tales como, entre otros, *Arca*, *Polymesoda*, *Flabellipecten*, *Amusium*, *Argopecten*, *Lucinisca*, *Miltha*, *Parvilucina*, *Hexacorbula*, *Lucinisca*, *Parvilucina*, *Hexacorbula Chionopsis*, *Antinioche*, *Lamelliconcha*, *Pitarella*, *Pitaria s.str.*, *Dinocardium*, *Pachydesma*, *Spisula (Mactromeris)*, *Bulla* y *Cantharus* (Figura 11-12).

Los niveles fosilíferos de la Formación Paraná se corresponden, desde la base al techo de la unidad, al “Piso Paranense cuspidal” de Frenguelli (= Capa D ó “Grés Tertiaire marin” de d’Orbigny), horizonte portador de la fauna recolectada por Bravard y estudiada por Borchert (1901) y Philippi (1893), al “Piso Entrerriense” (=Capa H o “Grès ostréen”) del que provienen el mayor número de especies de moluscos descriptos por del Río (1991), y al “Piso Rionegrense”

(marino) (= Capa I o "Calcaire arenifere"). En virtud de la homogeneidad en la distribución vertical de la fauna en estudio y por su similitud con la asociación de Patagonia, se propone extender la Zona de "*Aequipecten paranensis*" hacia la región mesopotámica, incluyendo también a los horizontes fosilíferos del subsuelo de la provincia de Buenos Aires.

Por otra parte, la presencia de una asociación idéntica en los Pisos "Paranense", "Entrerriense" marino y "Rionegrese" de la Formación Paraná, confirma la inexistencia de los tres eventos transgresivos propuestos por Frenguelli (1926) en la provincia de Entre Ríos.

Con respecto al límite austral alcanzado por la transgresión "entrerriense" en la Patagonia hay diferentes opiniones y resulta de utilidad el reconocimiento de la Zona de "*Aequipecten paranensis*" para su delimitación. Ihering (1905), Ameghino (1906), Frenguelli (1926 y 1935) y Feruglio (1949) propusieron que el borde sur de la transgresión se encontraría en el valle inferior del río Chubut. Cortes (1981, figura 4c), en su esquema paleogeográfico, ubicó este límite en la latitud de Isla Escondida, al sur del río Chubut. Por otra parte, Mendía y Bayarsky (1981) incluyeron las capas cuspidales aflorantes en esta última región en la Formación Puerto Madryn. Sin desconocer la validez de la presencia de esta unidad en el valle inferior del río Chubut, la correlación efectuada por Scasso y del Río (1987) entre estas sedimentitas y aquellas aflorantes en la península Valdés, así como con las presentes en el subsuelo de esta última, permitió inferir que la Formación Puerto Madryn en el valle inferior del río Chubut sería más antigua que en la península, y que no debería ser considerada como originada por el mismo mar "entrerriense" (ver figura 3 en Scasso y del Río, *op.cit.*), conclusión que se habría visto confirmada recientemente por Scasso y Castro (1999). La ausencia de los componentes faunísticos de la Zona de "*Aequipecten paranensis*" y la presencia de géneros de pectínidos propios de las formaciones Monte León y San Julián, tal como "*Zygochlamys*" Ihering, 1907, en la Formación Puerto Madryn en el área de Trelew sustenta la idea de que estos depósitos no son coetáneos con el evento transgresivo "entrerriense" que invadió la Patagonia más hacia el norte.

Para Uliana y Biddle (1988, figura 8) el área cubierta por el mar durante el Mioceno tardío se habría extendido por el sur hasta alcanzar Tierra del Fuego y por el oeste, hasta los faldeos orientales de la Cordillera en las provincias de Santa Cruz y Chubut, con lo cual coinciden Bossi *et al.* (1999) y Aceñolaza y Aceñolaza (2000). Las regiones al sur de la península Valdés señaladas como cubiertas por este mar mioceno por los mencionados autores, corresponden a áreas con afloramientos de la Formación Monte León y de los "Estratos con *Monophoraster* y *Venericor*". De acuerdo al contenido faunístico, se trataría, en ambos casos, de unidades portadoras de una asociación malacológica y microfaunística diferente de aquella característica de la Zona de "*Aequipecten paranensis*". Por lo tanto, se concluye que los horizontes marinos de edad miocena situados al sur de Bajo de los Huesos, corresponderían a depósitos producidos por distintos eventos de diferente magnitud, acaecidos durante el lapso de tiempo Oligoceno tardío - Mioceno temprano alto.

Piso de moluscos Aonikense. El Piso Aonikense fue creado originariamente por Rovereto (1913, 1921) para incluir los niveles basales de los perfiles de Puerto San José, punta Norte y punta Delgada aflorantes en la península Valdés. Frenguelli (1926) incluyó en este piso a las sedimentitas basales de punta Pirámide (lobería de Puerto Pirámide), Puerto Pirámide y bahía Cracker y también a los horizontes fosilíferos de la base de la Formación Puerto Madryn aflorantes en el golfo Nuevo (El Doradillo, Bajo Hondo y Bajo Grande), que se apoyan sobre la Formación Gaiman. Para este autor, el "Aonikense" estaría separado del "Entrerriense" por una discordancia erosiva, tratándose de dos unidades depositadas por dos avances sucesivos del mar. Para Rovereto (1921) y Frenguelli (*op.cit.*), de acuerdo con el contenido fosilífero, hasta

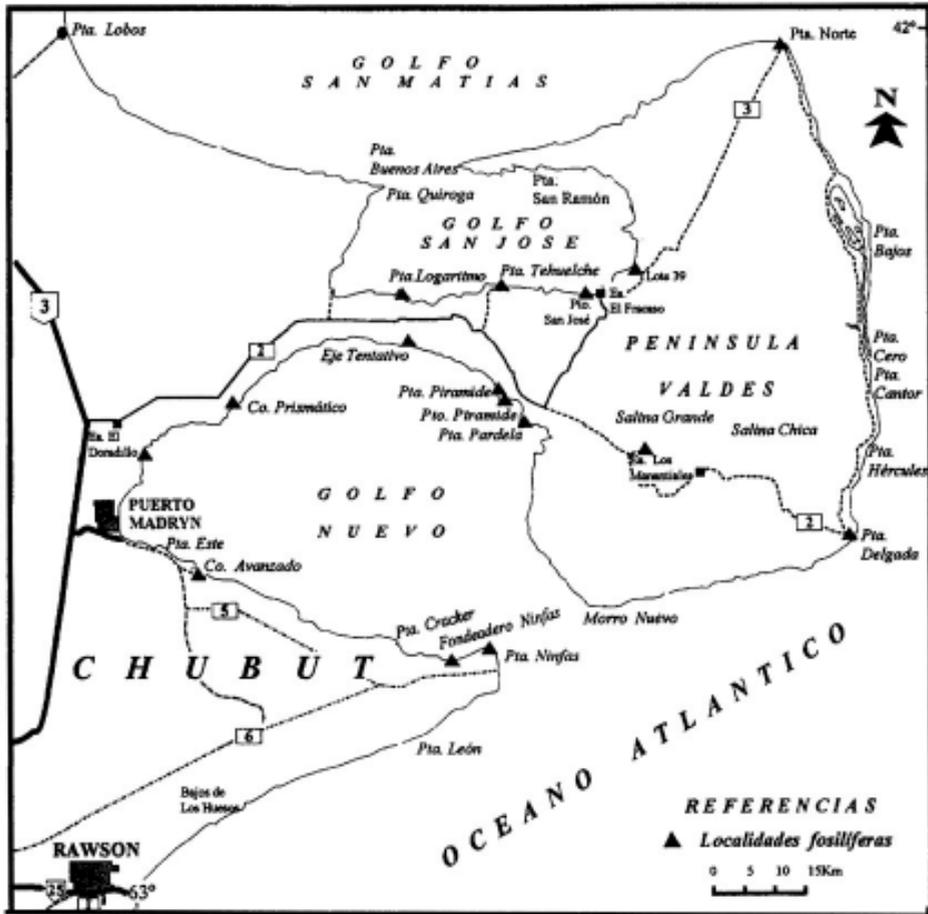


Figura 5 - Principales localidades fosilíferas de la Formación Puerto Madryn en la región de la península Valdés y golfo Nuevo. (tomado de del Río y Martínez, 1998 a).

entonces estudiado por Ihering (1907), también se reconocería en el área de la península Valdés y golfo Nuevo al piso "Rionegrense". Según Frenguelli (*op.cit.*) el Piso "Aonikense" sería portador de una mezcla de especies del "Patagoniense" (Formación Gaiman) y del "Aonikense", el "Entrerriense", por su parte se caracterizaría por taxas exclusivas de esta unidad, y el "Rionegrense" (marino) estaría marcado por la aparición de *Ostrea madryna*. Entre éste último piso y el "Entrerriense" en algunas localidades se registraría una regresión del mar, la que habría dejado depósitos continentales correspondientes al "Rionegrense" continental (Frenguelli, *op.cit.*).

El análisis paleoambiental, sistemático y tafonómico de estas sedimentitas (Scasso y del Río, 1987; del Río, 1992, 1994; del Río *et al.* 1999 b) reveló que se trata de un ciclo mayor transgresivo-regresivo y el análisis detallado de la distribución vertical de los moluscos dentro de la Formación Puerto Madryn demostró su homogeneidad composicional dentro de la secuencia, lo que permitió la redefinición del Piso de Moluscos Aonikense (del Río 1988), piso que abarcaría al "Aonikense", "Entrerriense" y "Rionegrense". El área tipo del así definido Piso Aonikense,

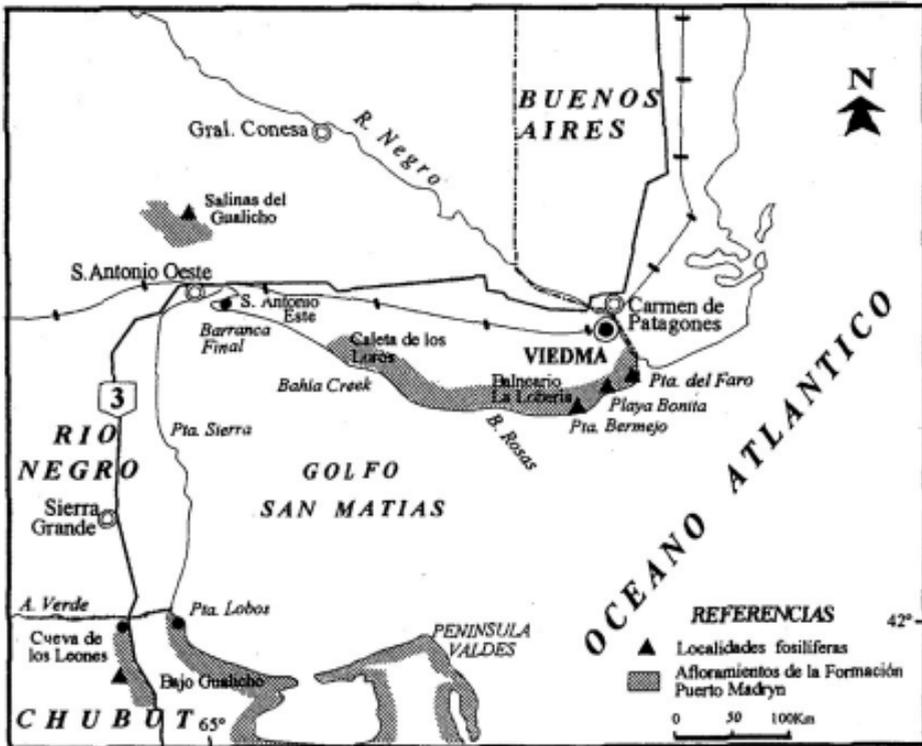


Figura 6 - Afloramientos de los depósitos “entrerrienses” en la Patagonia septentrional (tomado de del Río y Martínez, 1998 a).

corresponde a la península Valdés y alrededores de la ciudad de Puerto Madryn. El límite inferior está determinado por el techo de las pelitas blanquecinas altamente bioturbadas de la Formación Gaiman aflorante en los alrededores de la ciudad de Puerto Madryn y, en las barrancas que circundan al golfo Nuevo hasta unos 10 kilómetros al este de Eje Tentativo (istmo Ameghino). Las capas basales están constituidas por areniscas ocreas coquinoideas portadoras de *“Chlamys” actinodes*, *“Aequipecten” paranensis*, *Glycymerita magna*, *Ostrea patagonica*, *Ostrea alvarezii*, *Retrotapes ninfasiensis*, *Purpurocardia leonensis*, *Valdesia valdesiensis* y *“Spirocolpus” piramidesia*. El límite superior de este piso no es visible ya que los “Rodados Tehuelches” se apoyan sobre una superficie de erosión.

Edad de la malacofauna. Los primeros estudios asignaron estas sedimentitas al Eoceno (d’Alessandri, 1896), Oligoceno (Ambrosetti, 1887; Ameghino, 1906) y Plioceno (Smith-Woodward, 1900). Posteriormente, la fauna de vertebrados procedente de la Formación Paraná fue asignada al lapso Mioceno tardío-Plioceno (Frenguelli, 1920; Pascual, 1965; Gasparini, 1968; Delupi de Bianchini y Bianchini, 1971; ScillatoYane, 1975), mientras que para Cione (1978) los peces restringirían la edad al Mioceno tardío. Las sedimentitas de la Formación Río Negro y los

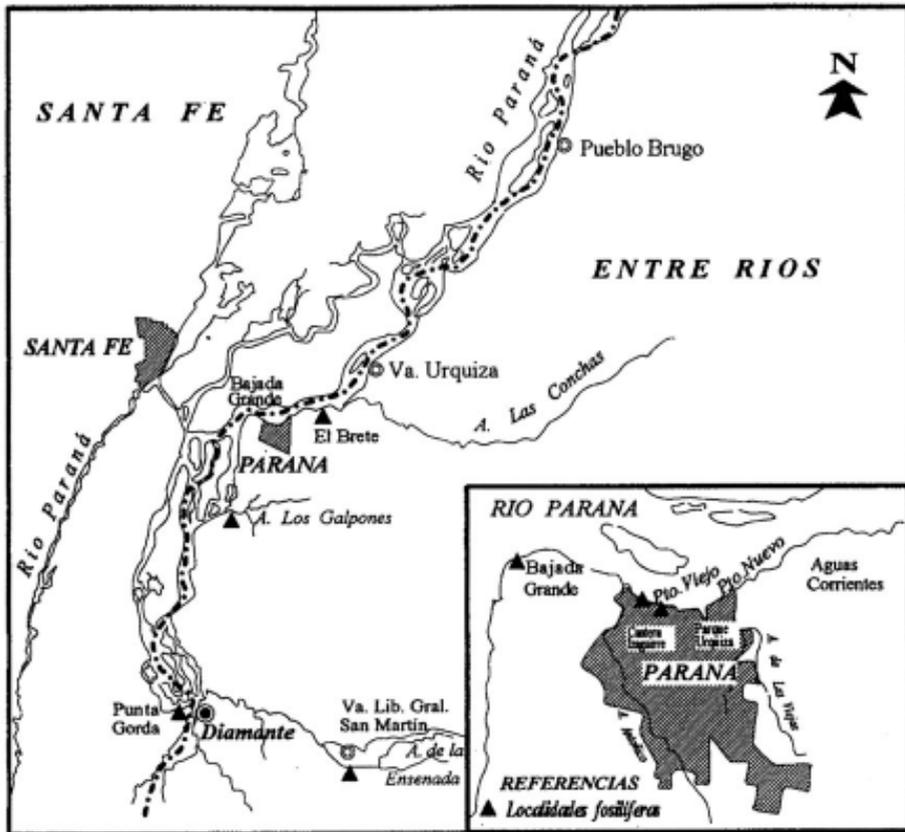


Figura 7 - Principales localidades fosilíferas de la Formación Paraná. (tomado de del Río y Martínez, 1998 a).

niveles marinos intercalados de la Facies Balneario La Lobería, en la región del golfo de San Matías, fueron asignadas por Pascual *et al.* (1984) al Plioceno medio-Plioceno tardío.

Los ostrácodos y foraminíferos bentónicos de las Formaciones Paraná y Puerto Madryn, en la región de la península Valdés, aportaron una edad Mioceno tardío (García, 1966, 1969 y 1970; Camacho, 1967; Malumián y Masiuk, 1973; Zabert y Herbst, 1977; Herbst y Zabert, 1987). Por otra parte, Masiuk *et al.* (1976) asignaron a la Formación Puerto Madryn aflorante en la península Valdés al Mioceno medio, sobre la base de la correlación efectuada con las sedimentitas del pozo YPF Ch.P.V. es -1.

La malacofauna también aportó edades muy diferentes para las sedimentitas que la contienen. En esta forma, se tiene que de acuerdo con el porcentaje de formas vivientes en la fauna fósil, la Formación Paraná fue asignada al Eoceno por Philippi (1893) y al Plioceno por Borchert (1901). Ihering (1907), que consideró tanto a los moluscos de esta unidad como a los de la Patagonia, y siguiendo la misma metodología de Borchert y Philippi, los asignó al Mioceno temprano. Por el contrario, Ameghino (1906), basado en los estudios de Ihering (*op.cit.*) les otorgó una edad oligocena. Con posterioridad, el resto de los autores que estudiaron la asociación de moluscos, la asignaron al Mioceno tardío (Carral Tolosa, 1942; Camacho, 1966).

Del Río (1988, 1990 y 1991) asignó a esta asociación al Mioceno medio, sobre la base de sus

ESPECIES	FM. PUERTO MADRYN BUENOS AIRES FM. PARANA	ESPECIES	FM. PUERTO MADRYN BUENOS AIRES FM. PARANA	ESPECIES	FM. PUERTO MADRYN BUENOS AIRES FM. PARANA
"Scumia scurra" (Lesson)	X	"Dnlla sp."	X	?Cyclonarda nortensis del Rio	X
Valdesia valdesiensis del Rio	X	Cantharus borcherfi (Ihering)	X	Venercardia crassicoata Bor.	X
Tegula (Apatistoma) laevigata (Bor.)	X	Bulla sp.	X	Crassatallites suburbana Ihering	X
Tegula (A) patagonica (d'Orb.)	X	"Iselica dessanti" Brunet	X	Crassinella "plana" (Wahnsih)	X
Calliostoma puelchanum Borchert	X	Leionucula puelcha (d'Orb.)	X	Crassinella sp.	X
C. bravardi Borchert	X	Adriana electa (Adams)	X	"Crassatella aff. C. yelli" Sow.	X
Calliostoma punctatum Borchert	X	Ledella seminella (F. y W.)	X	Dinocardium novus del Rio	X
Calliostoma malumieri Brunet	X	Arca particularis del Rio	X	Dinocardium "bravardi" Philippi	X
Calliostoma nulloi Brunet	X	Arca platensis (Philippi)	X	Dinocardium "platense" (d'Orb.)	X
"Calliostoma doeliquado" C. Tolosa	X	A. (Rasia) arata (Philippi)	X	"Trachycardium bonanense" Phil.	X
"Calliostoma bonanense" C. Tolosa	X	A. (Rasia) bravardi del Rio	X	Maetra (M.) janelensis Smith	X
"Calliostoma lepida" (Philippi)	X	A. (Rasia) plana del Rio	X	"Maetra bonanense" (Philippi)	X
"Littorina paranensis" Borchert	X	Potiarca bomplanata (d'Orb.)	X	Maetra "patagonica" d'Orbigny	X
Littorina uncostalis Borchert	X	Potiarca frenguelli (D. Jurado)	X	Macromeris longa del Rio	X
?Alvania sp.	X	Potiarca olamantensis del Rio	X	Telina jehuensis Ihering	X
Spirocolpus pyramidesia (Ihering)	X	Limopsis modesta D. Jurado	X	"Telina platensis" Philippi	X
Turritella? indeterminata Borchert	X	Glycymeris (G.) minutus Borch.	X	Macoma (M.) perplana (Ihering)	X
Turritella americana Bravard	X	G. (G.) "symmetrus" (Philippi)	X	Tagelus entremansii (H.)	X
T. aff. T. americana Bravard	X	G. (G.) longioriformis del Rio	X	Polymesoda (Egofa) salobris (H.)	X
Strombus bravardi Borchert	X	Glycymeris magna del Rio	X	"Venus bravardi" Philippi	X
"Fossaria sp."	X	M. (Mytilus) trigonus Borch.	X	Tivela (Pachydesma) oblonga (Ph.)	X
"Hyponix oligocostata" Brunet	X	Brachidontes (B.) lepida (Ph.)	X	T. (Eufiveia) "isabellana" (d'Orb.)	X
"Calyptraea discoidal" Brunet	X	"Modiola platensis" Philippi	X	Tivela sp.	X
"Capulus ladyae" Brunet	X	"Lithophaga platensis" Philippi	X	Pitar (P.) lazianae (Ihering)	X
Crucibulum (C.) argentinum (Ph.)	X	? Adula conforta (Borchert)	X	"Pitar" rostrata mutabile del Rio y Mart.	X
"C. (Dispotaea) multicoatatum" Brun.	X	Crassostrea rizophorae (Guld.)	X	Lamelliconcha sp.	X
Crepidula paranensis Philippi	X	? Ostrea patagonica d'Orbigny	X	Amiantis purpuratus (Lamarck)	X
Euspira consimilis (Ihering)	X	? Ostrea alvarezii d'Orbigny	X	Dosinia (D.) entremansii Ihering	X
Euspira ortmanni (Ihering)	X	Fibellipeclen oblongus (Phil.)	X	Dosina (D.) meridionalis Ihering	X
"Glossularia" groberi Brunet	X	F. pyramidesensis (Ihe.)	X	Dosina (D.) cuspidata del Rio	X
Eplonium borcherfi Ihering	X	Amusium darwinianum (d'Orb.)	X	Retrotapes ninfasiensis del Rio	X
Eplonium leptosomum Brunet	X	Amusium pans del Rio	X	Chionopsis (Ch.) munsteri (d'Orb.)	X
E. (Aspenscala) chubutina (Ihering)	X	Chlamys actinodes (Sowerby)	X	Chionopsis (Ch.) australis de Rio	X
Gyroscaia cionei Brunet	X	Aequopecten paranensis (d'Orb.)	X	Ameghinomya argentina Ihering	X
"Opeolopsis inaresi" Brunet	X	A. paranensis pennatus del Rio	X	A. meridionalis (Sowerby)	X
"Trophon" geverianus (Pallas)	X	Argopecten gratus del Rio	X	Protothaca (P.) antiqua (King)	X
"Trophon" paranensis Borchert	X	Argopecten insuetus del Rio	X	Anomalocardia (A.) entremansii Ihering	X
"T. laciniatus santacruzensis Ihe.	X	Chesapecten crassus del Rio	X	Anlinioche bumersteni (Borch.)	X
Costoanachis rioplatensis (Ihering)	X	Pododesmus papyraceus (Phi.)	X	Caryocorbula pulchella (Philippi)	X
Odonitocymbiola sp.	X	P. camacho del Rio y Martinez	X	C. pseudopatagonica (H.)	X
?Odonitocymbiola nodulifera (Borch.)	X	Lucina (L.) bonanensis (Wah.)	X	C. caribaea (d'Orb.)	X
"Oliva platensis" Philippi	X	L. (Lucinica) mathsi del Rio y Mart.	X	Caryocorbula sp.	X
Prunum pruniformis (Ihering)	X	L. (Pseudolucina) minuta (Wah.)	X	Vancorbula striatula (Borchert)	X
Olivancillaria prisca Ihering	X	Pteromytila daniel del Rio	X	Hetercorbulis caduca del Rio	X
Olivancillaria sp.	X	Faleriella vlardeboana (d'Orb.)	X	Panopea (P.) regularis Ortman	X
Pleurofomele	X	Chama pascuali Brunet	X	Cyrtopleura lanceolata ornata Bor.	X
"Polystira" sp.	X	?Purpurocardia paranensis (Bor.)	X	Cyrtopleura lanceolata s. str.	X
"Dnlla braccocini" Brunet	X	Purpurocardia lonensis del Rio	X		

Figura 8 - Composición de la asociación de moluscos y su distribución en las Formaciones Puerto Madryn, Paraná y en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires.

características paleontológicas, afinidades con otras faunas y aportes paleoclimáticos de la misma, conclusión que fue discutida por Martínez (1994) quien propuso que una edad Mioceno tardío no debería ser descartada.

La edad Mioceno medio de estas sedimentitas fue aceptada sobre la base del contenido de vertebrados de la Formación Puerto Madryn (Cozzuol *et al.*, 1993; Riva Rossi, 1996; Cione *et al.*, 1995), para las sedimentitas de la cuenca del Colorado (Malumián y Nañez, 1996) y para la Formación Paraná (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000). Con respecto a los depósitos parálicos marginales del noroeste (Formaciones San José y Sali) es interesante destacar el análisis efectuado por Gavrilloff y Bossi (1992 a) quienes propusieron también una edad Mioceno medio sobre la base de las correlaciones realizadas entre estas unidades y otras portadoras de una fauna de mamíferos de edad Chasicense. A igual conclusión llegó Cione *et al.* (1995) con respecto al contenido de peces de la Formación Anta.

Recientemente, Scasso *et al.* (1999 b), sobre la base de datos isotópicos asignaron a la Formación Puerto Madryn aflorante en la región de península Valdés, al Mioceno tardío basal (Tortoniano medio, $10 \pm 0,3$ Ma), valores cercanos a los hallados por Zinsmeister *et al.* (1981), quien consignó una edad de 9,45 Ma para estas mismas sedimentitas.

Uno de los argumentos utilizados por del Río (1988) para otorgar una edad Mioceno medio a estas sedimentitas fue el desarrollo de una asociación de aguas cálidas en el Atlántico sur, en coincidencia con el pico de altas temperaturas detectado a nivel mundial para ese periodo de tiempo. Estudios posteriores mostraron que en el Océano Pacífico sudoccidental hubieron dos pulsos cálidos, uno situado entre los 14 Ma y 13,6 Ma, y el otro entre los 12, 5 Ma y 12, 25 Ma (Flower y Kennett, 1993), mientras que durante el Mioceno tardío fueron registrados tres escalones de ascenso en las temperaturas de las aguas del hemisferio sur entre los 9,7Ma y 8,8 Ma, entre los 7,8 Ma y 7,2 Ma y entre los 6,1Ma y 6,5 Ma. (Wright *et al.*, 1991). La malacofauna contenida en las formaciones Puerto Madryn y Paraná pudo haberse instalado en cualquiera de estos pulsos cálidos, tal como lo manifestó Martínez (1994).

En las aguas antárticas y subantárticas cercanas a Patagonia, fue registrado un pulso de temperaturas cálidas entre los 14 Ma y 13 Ma, seguido por un brusco descenso en las marcas cálidas a partir de los 10 Ma (Shackleton y Kennet 1975 a, b; Kennett 1977, 1980). No obstante este enfriamiento, la operatividad del Agua Profunda Cálida era todavía marcada para ese entonces, así como era incipiente la participación de una corriente fría superficial, probablemente la de Deriva del Oeste (Bertels, 1984 a, b). De esta forma, hasta el Mioceno tardío basal las aguas patagónicas acusaban temperaturas superiores a las actuales en estas mismas latitudes, momento en el cual se produjo un brusco descenso eustático. Las edades radimétricas calculadas y el registro de los pulsos cálidos mencionados ubicarían el desarrollo de esta fauna en el primer pulso cálido del Tortoniano propuesto por Wright *et al.* (*op.cit.*).

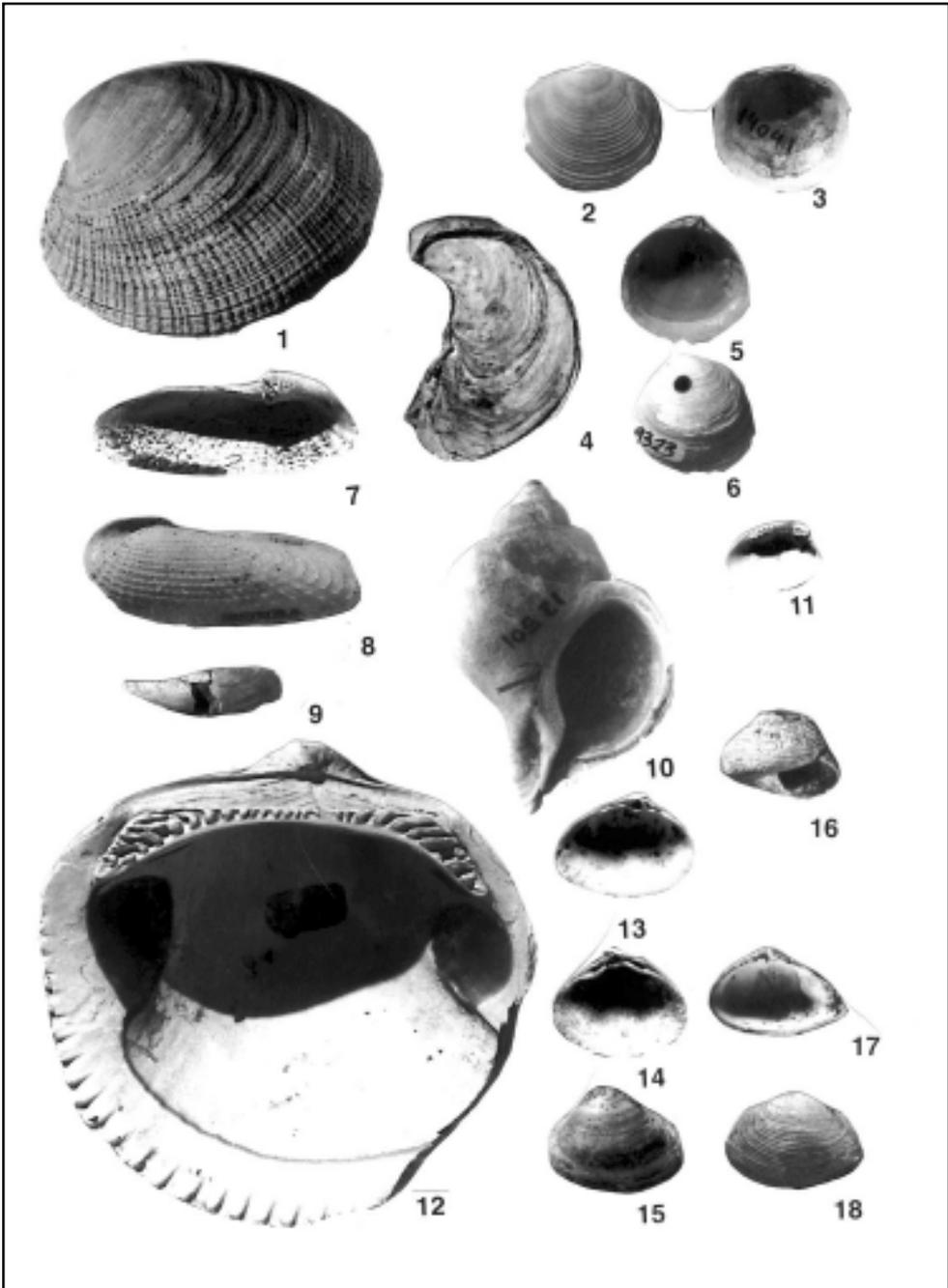


Figura 9 - Especies miocenas de la Zona "Aequipacten" *paranensis* sobrevivientes en las bioprovincias recientes Argentina y Magallánica. 1- *Protothaca antiqua*, 4- *Crassostrea rizophorae*, 5- 6- *Felaniella vilardeboena*, 7- 8- *Cyrtopleura lanceolata*, 9- *Adrana electa*, 10- *Trophon geversianus*, 11- *Leionucula puelcha*, 13-15 *Mactra janeiroensis*, 16- *Agathistoma patagonica*, 17-18- *Caryocorbula caribaea*. Géneros de origen paleoaustral: 2- 3- *Pteromyrtea danieli*, 12- *Glycymerita magna*.

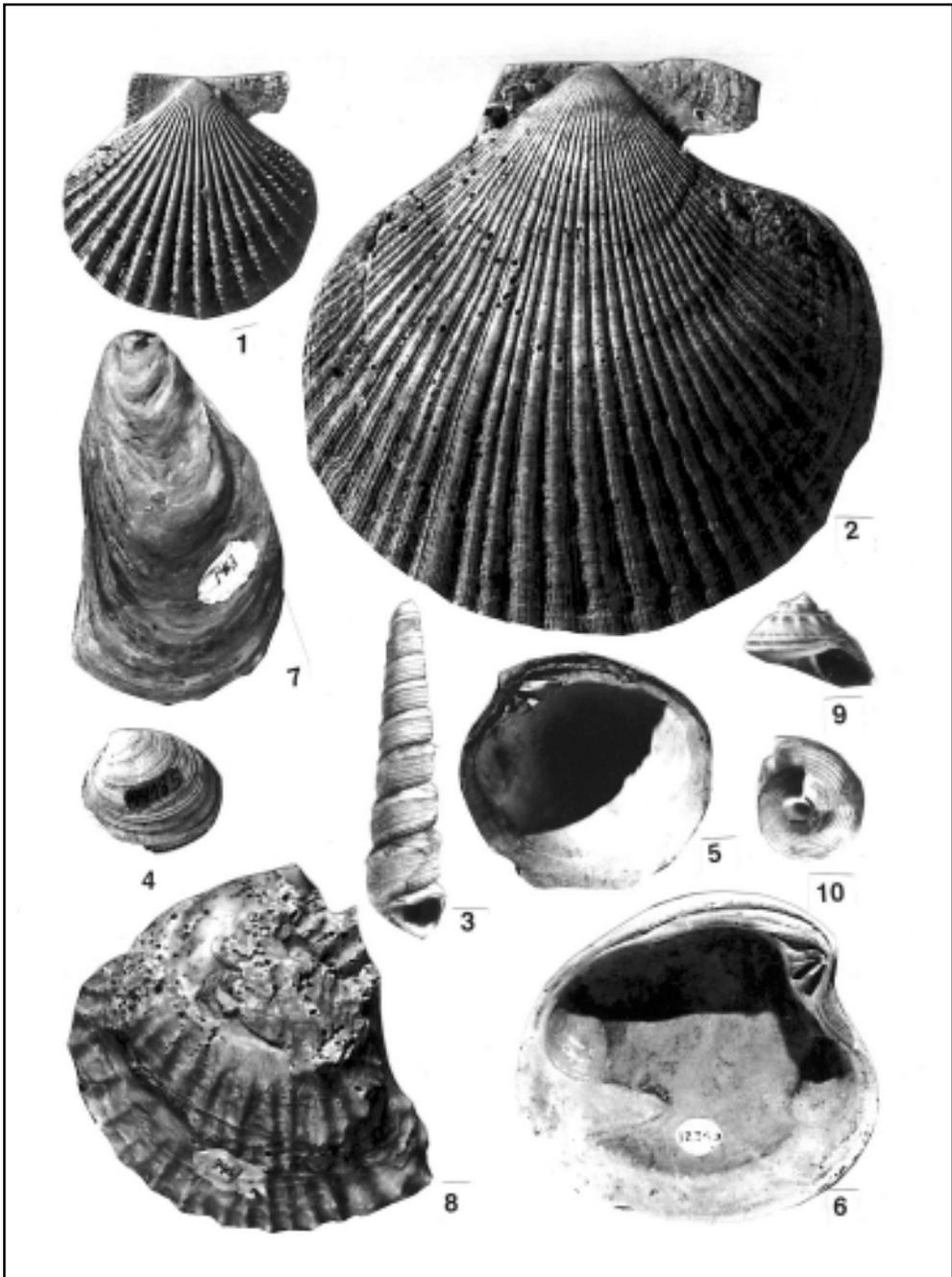


Figura 10 - Géneros endémicos del Atlántico sur. 1- *Aequipecten* *paranensis*, 2- *Chlamys* *actinodes*, 3- *Neospirella* *pyramidesia*, 4-5- *Ameghinomya* *argentina*, 6 - *Retrotapes* *ninfasiensis*, 7 -8- *Ostrea* *alvarezii*, 9-10- *Valdesia* *valdesiensis*.

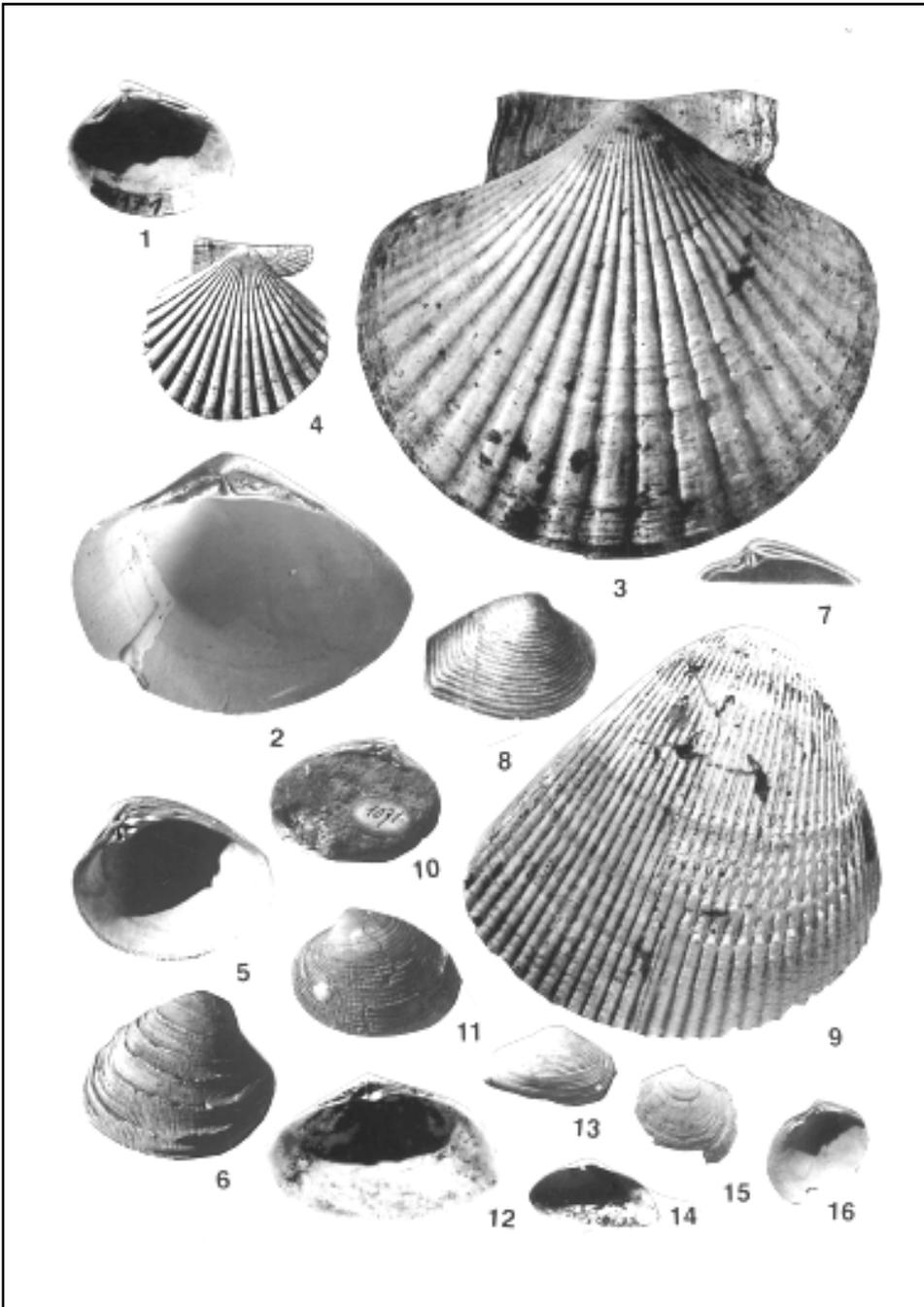


Figura 11 - Generos caribeños (atlánticos y pacíficos): 1- *Polymesoda salobris*, 2- *Tivela (Pachydesma) oblonga*, 3- *Flabellipecten piramidesensis*, 4- *Argopecten insuetus*, 5- 6- *Chionopsis münsteri*, 7- 8- *Lamelliconcha* sp., 9- *Dinocardium novus*, 10-11- *Antinioche burmeisteri*, 12- *Spisula (Mactromeris) longa*, 13- 14- *Hexacorbula caduca*, 15- 16- *Lucinisca matiasi*.

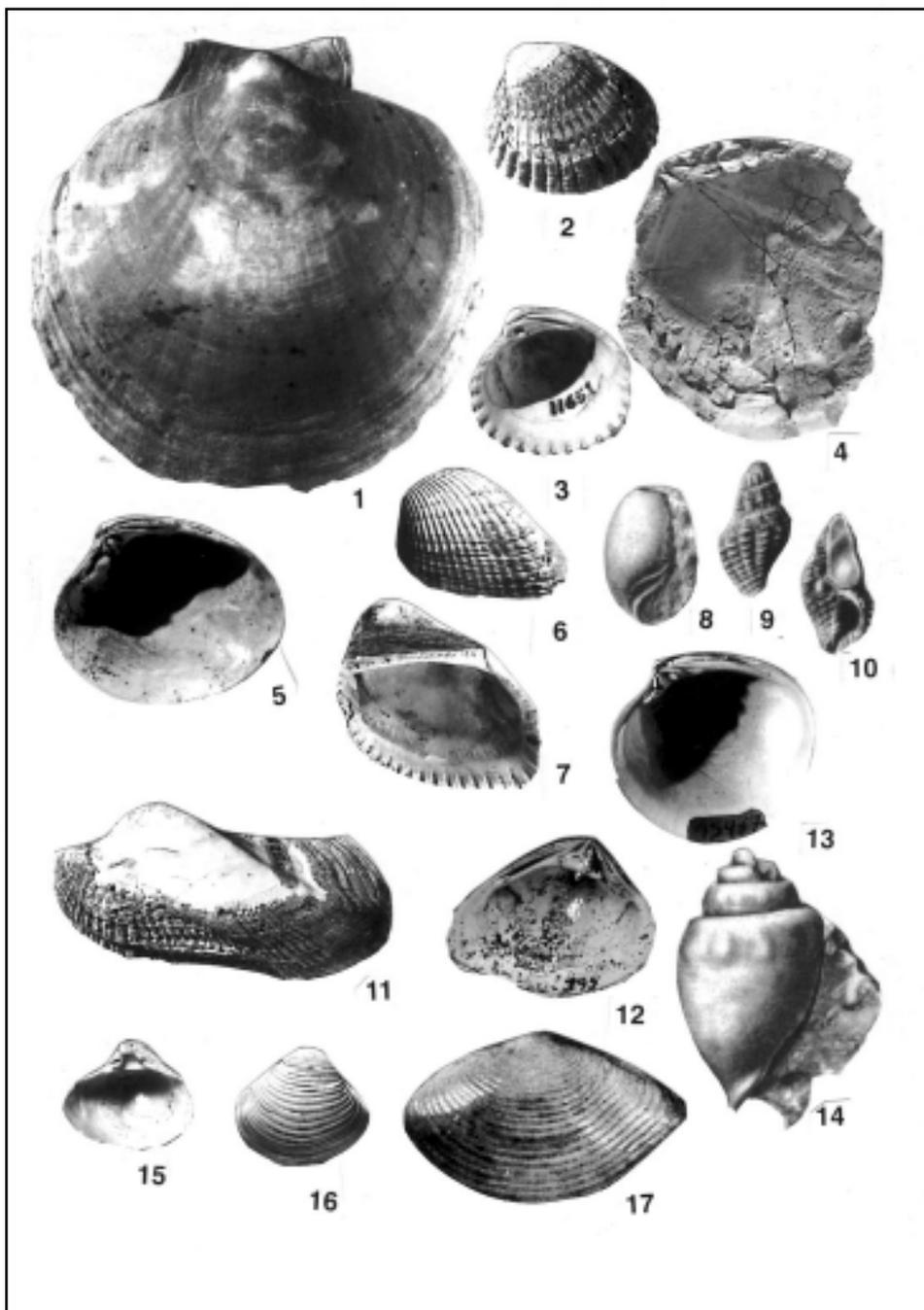


Figura 12 - Géneros indo-pacíficos: 1 - *Amusium paris*, 2 - 3 - *Purpurocardia leonensis*; Géneros caribeños-indo-pacíficos: 4 - *Miltha iheringiana*, 5 - *Pitar (Pitar) lazarina*, 6 - *Potiarca diamantensis*, 7 - *Potiarca bomplandeana*, 8 - *Bulla* sp., 9 - 10 - *Cantharus borcherti*. Géneros de distribución cosmopolita en áreas tropicales: 11 - *Arca (Arca) partularis*, 12 - *Crassatellites suburbana*, 13 - *Dosinia meridionalis*, 14 - *Strombus bravardi*, 15 - 16 - *Variorbula striatula*, 17 - *Ledella seminella*.

GENEROS	OLIGOCENO MIOCENO RECIENTE	GENEROS	OLIGOCENO MIOCENO RECIENTE
Agathistoma	=====	"Aequipecten"	=====
Calliostoma	=====	Crassostrea	=====
Calyptraea	=====	Felaniella	=====
Crucibulum	=====	Trachycardium	=====
Crepidula	=====	Mactra	=====
"Trophon"	=====	Tagelus	=====
Drillia	=====	Eutivela	=====
Leionucula	=====	"Pitaria"	=====
Limopsis	=====	Amiantis	=====
Brachidontes	=====	Protothaca	=====
Lithophaga	=====	Anomalocardia	=====
Tellina	=====	Cyrtopleura	=====
Macoma	=====	Chesapecten	=====
Crassinella	=====	Amusium	=====
Retrotapes	=====	"Chlamys"	=====
Caryocorbula	=====	Flabellipecten	=====
Panopea	=====	Adula	=====
Pododesmus	=====	Rasia	=====
Fossaurus	=====	Mitha	=====
Hipponix	=====	Lucina	=====
Euspira	=====	Lucinisca	=====
Bulla	=====	Parvulucina	=====
Arca	=====	Chama	=====
Potiarca	=====	Purpurocardia	=====
Modiolus	=====	Cyclocardia	=====
Crassatellites	=====	?Venericardia	=====
Pteromytea	=====	Dinocardium	=====
Glycymerita	=====	Mactromeris	=====
Valdesia	=====	Polymesoda	=====
"Spirocolpus"	=====	Pachydesma	=====
"Ostrea"	=====	Pitaria s. str.	=====
Ameghinomya	=====	Lamelliconcha	=====
Martesia	=====	Pitarella	=====
Dosinia	=====	Antinoche	=====
Scurria	=====	Chionopsis	=====
Littorina	=====	Varicorbula	=====
Capulus	=====	Hexacorbula	=====
"Epitonium"	=====	Dispotaea	=====
Asperiscula	=====	Alvania	=====
Costoanachis	=====	Strombus	=====
Odontocymbiola	=====	Glossaulux	=====
Prunum	=====	Gyroscala	=====
Olivancillaria	=====	Opalopsis	=====
Polystira	=====	Oliva	=====
Pleurotomella	=====	Cantharus	=====
Adrana	=====	Isella	=====
Glycymeris	=====	Ledella	=====
Mytilus	=====		

Figura 14 - Distribución estratigráfica de los géneros de la Biozona de "Aequipecten" paranensis.

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a Sergio Martínez (Facultad de Ciencias de Montevideo, Uruguay), Roberto Scasso (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires), Horacio Camacho (Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia") y a Juan del Río, por la lectura crítica del manuscrito y por las sugerencias realizadas.

Bibliografía

- Aceñolaza, F. G. 1976. Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. *Acta Geologica Lilloana* 13 (2): 91 - 107. Tucumán
- Aceñolaza, F. G. 2000. La Formación Paraná (Mioceno medio) Estratigrafía, distribución regional y unidades equivalentes. *Correlación geológica* 14: 9-27
- Aceñolaza, F. G. y Aceñolaza, G. F. 2000. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 64: 209-233.
- Ameghino, C. 1890. Exploraciones geológicas en la Patagonia. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino* 11, (1): 2 - 46.
- Ameghino, F. 1906. Les formations sédimentaires du Crétacé supérieur et du Tertiaire de Patagonie, avec un Parallele entre leur faunes mammalogiques et celles de l'ancien continent. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural* 15 (tercera serie): 1 - 568.
- Angulo, R. y Casamiquela, R. 1982. Estudio estratigráfico de las unidades aflorantes en los acantilados de la costa norte del golfo San Matías (Río Negro y extremo austral de Buenos Aires) entre los meridianos 62° 30' y 64° 30'. *Mundo Ameghino* 2: 20 - 73.
- Baez, A. M. y Gasparini, Z. 1977. Orígenes de los anfibios y reptiles del Cenozoico de América del Sur. *Acta Geologica Lilloana*, 14: 149 - 232.
- Barreda, V. D., 1990. [*Palinología estratigráfica de las sedimentitas Terciarias del "Patagoniano" en los alrededores de la ciudad de Comodoro Rivadavia*. Provincias de Chubut y Santa Cruz. Tesis de Doctorado No.2282. Universidad de Buenos Aires. Inédito.]
- Barreda, V. D., 1996. Bioestratigrafía de polen y esporas de la Formación Chenque, Oligoceno tardío?-Mioceno de las provincias de Chubut y Santa Cruz. *Ameghiniana* 33 (1): 35-56
- Bertels, A. 1978. Estratigrafía y foraminíferos (Protozoa) bentónicos de la Formación Monte León (Oligoceno) en su área tipo, Provincia de Santa Cruz, República Argentina. *2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires, 1978), *Actas* 2: 213 - 273.
- Bertels, A. 1979. Paleobiogeografía de los foraminíferos del Cretácico superior y Cenozoico de América del Sur. *Ameghiniana* 16 (3 - 4): 273 - 356.
- Bertels, A., 1984 a. Ciclos de disolución de foraminíferos planctónicos en el océano Atlántico sudoccidental Austral; significancia paleoceanográfica durante el Mioceno superior-Plioceno inferior. *3º Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Mexico, 1984), *Actas* 3: 524 - 546.
- Bertels, A., 1984 b. Foraminíferos bentónicos del Neógeno del Océano Atlántico Sudoccidental Austral. Inferencias Paleoclimáticas y Paleoceanográficas. *9º Congreso Geológico Argentino* (Bariloche, 1984), *Actas* 4 : 455 - 474.
- Bertels, A. y Ganduglia, P. 1977. Sobre la presencia de foraminíferos del Piso Leoniano en Astra (provincia del Chubut). *Ameghiniana* 14: 308
- Bertels, A. y Madeira-Falsetta, M. 1977. Neogene foraminifera - South Atlantic. En: F. Swain (ed.), *Stratigraphic Micropaleontology of Atlantic Basin and Borderland*: 441-466.
- Bertels, A. y Zabert, L. 1980. Microfauna del Grupo Santa María (Terciario superior) en las Provincias de Catamarca y Tucumán, República Argentina. *2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología*. (Buenos Aires, 1978), *Actas* 3: 67-73.
- Bodenbender, G. 1912. Constitución Geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 19: 1 - 220. Córdoba.
- Boltovskoy, E. 1979. Paleoceanografía del Atlántico sudoccidental desde el Mioceno, según estudios foraminiferológicos. *Ameghiniana* 16 (3 - 4): 357 - 389.
- Borchert, A. 1901. Die Molluskenfauna und das Alter der Parana-Stufe. En: Steimann, G. von (ed.), *Beiträge zur Geologie und Paleontologie von Südamerika. Stuttgart*, 9— *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontologie* 14: 171 - 245
- Bossi, G. E., Muruaga, C. M. y Gavriloff, I. J. C. 1999. Sierras Pampeanas. En: G. Gonzalez Bonorino, R. Omarini y J. Viramonte, (eds), *Geología del Noroeste Argentino. 14º Congreso Geológico Argentino* (Salta, 1999), *Relatorio* 2: 329 -360.
- Bravard, A. 1858. Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías de Paraná. *Reimpresión de los Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 3: 45 - 94.

- Burmeister, G. 1863. Los pozos artesianos cerca de Buenos Aires. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 45 (año 1966) (entrega 1 - 4) : 19 - 25. (Publicado en "Mitteilungen aus Justus Perthes' geographischer Anstalt über wichtige neue Erforschungen auf dem Gesamtgebiete der geographie von Dr. A. Petermann. Gotha, 1863: 93 - 95).
- Burmeister, G. 1876. *Description Physique de la République Argentine, Climatologie et Tableau géognostique* 2: 1 - 412, Paris.
- Camacho, H. H. 1966. Paleontología Bonaerense, Fascículo 3, Invertebrados. En : A. V. Borrello (ed.), Paleontografía Bonaerense. *Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires*, 159 p. La Plata.
- Camacho, H. H. 1967. Sobre las Transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 22 (4): 253 - 280.
- Camacho, H. H. 1969. La Paleogeografía Patagónica y la historia del Océano Atlántico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24 (4): 357 - 360.
- Camacho, H. H. 1974. Bioestratigrafía de las formaciones marinas del Eoceno y Oligoceno de la Patagonia. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 26: 39 - 57.
- Camacho, H. H. 1992. Algunas consideraciones acerca de la transgresión marina paleocena en la Argentina. *Miscelanea de la Academia Nacional de Ciencias* 85: 1 - 41. Córdoba.
- Camacho, H. H. 1995. La Formación Patagónica (F. Ameghino, 1894): Su actual significación estratigráfica y paleontológica. *Anales de la Academia Chilena de Ciencias* 5: 117 - 151. Santiago, Chile.
- Camacho, H. H., Chiesa, L., Parma, G. y del Río, C. J. 2000. Invertebrados marinos Eocenos de los cerros Palique y Castillo, sudoeste de la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 37 (1): 59 - 73
- Carral Tolosa, E. Whanish de. 1942. Nota sobre los moluscos procedentes de la perforación Monte Veloz (Buenos Aires). *1 Congreso Panamericano de Minería y Geología*. (Buenos Aires, 1942), *Anales* 2: 562 - 579.
- Cione, A. L. 1978. Aportes Paleociotológicos al conocimiento de la evolución de las Paleotemperaturas en el área austral de América del Sur durante el Cenozoico. Aspectos zoogeográficos conexos. *Ameghiniana* 15: 183 - 208.
- Cione, A. y Expósito, S. 1980 Chondrichthyes del "Patagoniano" s.l. de Astra, golfo de San Jorge, provincia del Chubut, Argentina. Su significado Paleoclimático y Paleobiogeográfico. *2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires, 1978), *Actas* 2: 275 - 290.
- Cione, A., Vergani, G., Starck, D. y Herbst, R. 1995. Los peces del Mioceno de la Quebrada de La Yesera, provincia de Salta, Argentina. Su valor como indicadores ambientales y su antigüedad. *Ameghiniana* 32 (1): 151 - 157.
- Cione, A. L., Azpelicueta, M.M. y Caille, G. 1996. An arid catfish (Osteichthyes: Siluriformes) from marine Middle Miocene beds of Patagonia. Recent arid biogeography in South America. *Revista Española de Paleontología* 11 (1): 11-17
- Cortes, J. M. 1981. Estratigrafía cenozoica y estructura al oeste de la península de Valdés, Chubut. Consideraciones tectónicas y paleogeográficas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 36 (4): 424 - 445.
- Cozzuol, M. A., Tambussi, C. y Noriega, J. 1993. Un pinguino (Aves: Spheniscidae) de la Formación Puerto Madryn (Mioceno medio) en P. Valdés, Chubut, Argentina, con importantes implicancias filogenéticas. *10º Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*, (La Plata, 12-15 mayo, 1993). *Ameghiniana* 30(3): 327.
- De Alessandri, G. 1896. Ricerche sui pesci fossili di Paraná. *Atti della Reale Accademia delle Sci. di Torino*, 31.
- Darwin, Ch. 1846. Geological observations on the volcanics islands and parts of South America visited during the voyage of "H. M. S. Beagle". *Appleton, Londres*, 548 p.
- Darwin, Ch. 1862. On the thickness of the Pampean Formation near Buenos Aires. *Proceedings of the Geological Society of London*, p. 68 - 70. Londres.
- Delupi de Bianchini, L. H. y Bianchini, J. J. 1971. Revisión de los Protheroheriinae (Mammalia, Litopterna) del "Mesopotamiense". *Ameghiniana* 8 (1): 1 - 24.
- Del Río, C. J. 1985. Primera mención de la Subfamilia Architectonicinae (Mollusca: Gastropoda) en el Terciario de la Patagonia. *Ameghiniana* 22 (3 - 4): 263 - 268.
- Del Río, C. J. 1986. Bivalvos fósiles del Mioceno de península Valdés (provincia del Chubut). *4º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Mendoza, 1986), *Actas* 3: 111 - 117.
- Del Río, C. J. 1987. Revisión de la Familia Arcidae (Mollusca: Bivalvia) en el Mioceno de la Provincia de Entre Ríos. República Argentina. *10º Congreso Brasileiro de Paleontología* (San Pablo, 1987), *Actais*: 479 - 493.
- Del Río, C. J. 1988. Bioestratigrafía y Cronoestratigrafía de la Formación Puerto Madryn (Mioceno medio). Provincia del Chubut - Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40: 231 - 254.
- Del Río, C. J. 1989. [Bioestratigrafía y Paleontología de los Bivalvos y Gastrópodos de la Formación Puerto Madryn (Mioceno medio marino) de península Valdés y alrededores de Puerto Madryn, Provincia del Chubut. Tesis de Doctorado en Ciencias Geológicas. Tesis 2234, 672 p. Universidad de Buenos Aires. Inédito]
- Del Río, C. J. 1990. Composición, Origen y Significado Paleoclimático de la malacofauna "Entrerriense" (Mioceno medio) de la Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 42: 205 - 224.
- Del Río, C. J. 1991. Revisión Sistemática de los Bivalvos de la Formación Paraná (Mioceno medio). Provincia de Entre Ríos - Argentina. *Monografía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 7, 93 p.
- Del Río, C. J. 1992. Middle Miocene Bivalves of the Puerto Madryn Formation, Valdés Peninsula, Chubut Province, Argentina. (Nuculidae- Pectinidae). Part 1. *Palaontographica Abt. A*, 225: 1 - 57. Stuttgart.

- Del Río, C. J. 1994. Middle Miocene Bivalves of the Puerto Madryn Formation, Valdés Peninsula, Chubut Province, Argentina. (Lucinidae - Pholadidae), Part 2. *Palaeontographica Abt. A*, 231: 93 - 132. *Stuttgart*
- Del Río, C. J. y Martínez, S. A. 1998 a. El Mioceno marino en la Argentina y en el Uruguay. En: C. J. del Río (ed.), *Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay. Monografía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales 15*, cap.1 :6 - 25.
- Del Río, C. J. y Martínez, S. A. 1998 b. Clase Bivalvia. En: C. J. del Río (ed.), *Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay. Monografía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales 15*, cap. 2: 48 - 83.
- Del Río, C. J., Martínez, S. A. y Scasso, R. A. 1999 a. Análisis Biofacial de la Formación Puerto Madryn (Chubut, Argentina). *14º Congreso Geológico Argentino* (Salta, 1999), *Resúmenes Acta 1*: 48.
- Del Río, C. J., Scasso, R. A. y Martínez, S. A. 1999 b. Ciclos de profundización y tafonomía de la Formación Puerto Madryn (Mioceno). Una interpretación Batimétrica y Paleoambiental. *14º Congreso Geológico Argentino* (Salta, 1999), *Resúmenes en Acta I*: 48
- Del Río, C. S., Martínez, S. A. y Scasso, R. A. 2001. *Nature and origin of spectacular marine Miocene shell-beds of northeastern Patagonia (Argentina): Paleocological and Bathymetric significance* P.A.L.A.I.O.S. (in press).
- Döring, A., 1882. Informe oficial de la comisión Científica agregada al Estado Mayor de la Expedición al Río Negro (Patagonia), Parte 3, *Geología*: 300 - 530.
- d'Orbigny, A. D. 1842. *Voyage dans l' Amerique meridionale (Le Bresil, l'Uruguay execute pendant les anne 1826 - 1833*. Paleontologie et Geologie , 3 (4):1 -152. París y Strassbourg
- Feruglio, E. 1949. *Descripción Geológica de la Patagonia*. Tomo 2, 349 p. (1949). Dirección General de Yacimiento Petrolíferos Fiscales, Buenos Aires.
- Flower, B. P. y Kennett, J. P. 1993. Middle Miocene Ocean- Climate transition: High-resolution Oxygen and carbon isotopic records from the Deep Sea drilling Project Site 588 A, Southwest Pacific. *Paleoceanography*8 (6): 811 - 843.
- Frenguelli J. 1920. Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 24: 55 - 256.
- Frenguelli, J. 1926 . El Entrerriense del Golfo Nuevo en el Chubut. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 29: 191 - 270.
- Frenguelli, J. 1935. El perfil de Gaiman, Chubut. *Notas del Museo de La Plata , Geología I*: 177-192.
- García, E. 1966. Contribución al conocimiento de los ostrácodos de la Argentina. Formación Entre Ríos de Victoria, provincia de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 21 (3): 194 - 208.
- García, E. 1969. Algunos ostrácodos del Entrerriense de Paraná, provincia de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24 (3): 276 - 280.
- García, E. 1970. Ostracodes du Miocene de la Republique Argentine ("Entrerriense" de la Peninsula Valdez). *4 Colloque Africain de Micropaleontologie* (Abidjan): 391 - 415.
- Gasparini, Z. Brandoni de. 1968. Nuevos restos de *Rhamphostomopsis neogaeus* (Burm.) Rusconi, 1933 (Reptilia, Cocodrilia) del "Mesopotamiense" (Plioceno medio-superior) de Argentina. *Ameghiniana* 5 (8): 299 - 311.
- Gasparini, Z. y Baez, A. M. 1975. Aporte al conocimiento de la herpetofauna Terciaria de la Argentina. *1º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, *Actas* 2: 377 - 416.
- Gavriloff, I. J. C. y Bossi, G. E. 1992 a. Revisión general, análisis facial, correlación y edad de las Formaciones San José y Río Salí (Mioceno medio), provincias de Catamarca, Tucumán y Salta, República Argentina. *Acta Geologica Lilloana* 17 (2): 5 - 43.
- Gavriloff, I. J. C. y Bossi, G. E. 1992 b. Las facies lacustres de las formaciones San José y Salí (Mioceno medio) NO Argentino y su relación con la ingresión marina Paranense. *3º Congreso Geológico de España y 8º Congreso Latinoamericano de Geología* (Salamanca, 1992), *Simpósio* 1: 78 - 87.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la Geología de Neuquen, sur de Mendoza y regiones adyacentes. *Publicación de la Dirección Nacional de Geología y Minería* 58: 1 - 100.
- Groeber, P. 1949. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. Adiciones y correcciones. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 4(1): 37-39.
- Haller, M. 1978. Estratigrafía de la región al poniente de Puerto Madryn. *7º Congreso Geológico Argentino*, (Neuquen, 1978), *Actas 1*: 285 - 297.
- Haller, M y Mendiá, J. 1980. Las sedimentitas del ciclo Patagoniano en el litoral atlántico norpatagonico. *Coloquio "Ricardo Wichmann". Asociación Geológica Argentina (Buenos Aires, 1980)*.
- Herbst, R. y Zabert, L. L. 1987. Microfauna de la Formación Paraná (Mioceno superior) de la Cuenca Chaco - Paranense (Argentina). *Facena* 7: 165 - 206.
- Ihering, H. von 1905. Nuevas observaciones sobre moluscos Cretácicos y Terciarios. *Revista del Museo de La Plata* 9: 230 - 245.
- Ihering, H. von 1907. Les Mollusques fossiles du Tertiaire et du Cretacé Supérieur de l' Argentine. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, serie.3, 14 (7): 1 - 611.
- Ihering, H., von. 1927. *Geschichte des Atlantische Ozeans*. 237 pp., Jena.
- Iriondo, M. 1973. Análisis ambiental de la Formación Paraná en su área tipo. *Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba* 2 (1): 19 - 24. Córdoba.

- Kennett, J. P. 1977. Cenozoic Evolution and Antarctic Glaciation, the CircumAntarctic Ocean and their impact on global Paleocceanography. *Journal of Geophisics Research*, 82 (27): 3843 - 3860.
- Kennett, J. P. 1980. Paleocceanographic and biogeographic evolution of the southern ocean during the Cenozoic and Cenozoic microfossils datum. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 31:123 - 152.
- Malumián, N. y Masiuk, V. 1973. Asociaciones Foraminíferológicas fósiles de la República Argentina. *5° Congreso Geológico Argentino* (Córdoba, 1973), *Actas* 3: 433-453.
- Malumian, N. y C. Nañez. 1996 Microfósiles y nanofósiles calcáreos de la Plataforma continental. En: V. Ramos y M. A. Turic (eds), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploraciones de Hidrocarburos* (Buenos Aires, 1996), *Relatorio*: 73 - 93.
- Martínez, S. A. 1994. *Bioestratigrafía (Invertebrados) de la Formación Camacho (Mioceno, Uruguay)*. Tesis de Doctorado No.2722. Universidad de Buenos Aires. Inédito.
- Martínez, S. A., del Río, C. J. y Reichler, V. 1998. Clase Gastropoda. En: C.J. del Río (ed.), *Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay. Monografía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 15, cap.3.
- Masiuk, V., Becker, D. y García Espiase, A. 1976 Micropaleontología y Sedimentología del pozo YPF Ch. P.V. es -1 (P. Valdés). República Argentina. Importancia y Correlaciones. ARPEL 24. Reunión a nivel de Expertos.
- Mendía, J. E. y Bayarsky, A. 1981. Estratigrafía del Terciario en el valle inferior del río Chubut. *8° Congreso Geológico Argentino*, (San Luis, 1981) *Actas*: 3: 593 - 606.
- Pascual, R. 1965. Datos preliminares sobre el primer resto de un Sireno (Dugongidae) del Mioceno superior ("Paranense") de la Argentina. *Reunión de Comunicaciones. Ameghiniana* 4 (7): 242.
- Petuch, E. J. 1988. Neogene History of Tropical American Mollusks. Biogeography and Evolutionary Patterns of Tropical Western Atlantic Mollusca. *The Coastal Education and Research Foundation, Virginia*, 213 pp.
- Philippi, R.A. 1893. Descripción de algunos fósiles Terciarios de la República Argentina. *Anales del Museo Nacional de Chile* (3era. edición.), *Mineralogía, Geología y Paleontología*: 1 - 13.
- Rizzolo, E. J. 1967. *Contribución a la estratigrafía de la parte oriental del Gran Bajo del Gualicho. Provincia de Río Negro*. Trabajo Final de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. Inédito.
- Riva Rossi, C. M. 1996. Una nueva especie del género *Gonypterus* (Pisces, Ophidiiformes) del Mioceno medio de Península Valdés (Chubut) y sus relaciones filogenéticas con los abadejos actuales. *12° Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados* (La Pampa, 1996), *Resúmenes*: 68.
- Rovereto, G. 1913. La Península de Valdés e la forme costiere della Patagonia settentrionale. *Reale Accademia dei Lincei. Estratto del vol. 23, serie 5, 1 semestre* (2): 103 - 105.
- Rovereto, G. 1921. Studi de geomorfologie argentina V. La Penisola Vadéz. *Boletino della Sociedade Geologica Italiana* 40: 12 - 47.
- Russo, A. y Serraiotto, A. 1978. Contribución al conocimiento de la Estratigrafía Terciaria en el Noroeste Argentino. *7° Congreso Geológico Argentino* (Nuequen, 1978), *Actas* 1: 715 - 730.
- Scasso, R. A. y del Río, C. J. 1987. Ambientes de sedimentación y proveniencia de la secuencia marina del Terciario Superior de la región de península Valdés. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 42 (3 - 4): 291 - 321.
- Scasso, R. A. y Castro, L. N. 1999. Cenozoic phosphatic deposits in North Patagonia, Argentina: Phosphogenesis, sequence-stratigraphy and paleocceanography. *Journal of South American Earth Sciences* 12: 471 - 487.
- Scasso, R. A., del Río, C. J. y Martínez, S. A. 1999 a. El contacto "Entrerriense" - "Patagoniense" en península Valdés: Examen de una discontinuidad. *14° Congreso Geológico Argentino* (Salta, 1999), *Resúmenes en Acta* 1: 73.
- Scasso, R. A., del Río, C. J., MacArthur, J. M. y S. A. Martínez. 1999 b. Edades ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr para el Entrerriense (Mioceno) de península Valdés, provincia del Chubut, Argentina. *14° Congreso Geológico Argentino* (Salta, 1999), *Resúmenes en Acta* 1: 73.
- Scillato Yane, G. J. 1975. Presencia de *Macrophractus retusus* (*Xenarthra, Dasypodidae*) en el Plioceno del Area Mesopotamia (Argentina). Su importancia bioestratigráfica y paleobiogeográfica. *Ameghiniana* 12 (4): 322 - 328.
- Shackleton, N. J. y Kennett, J. P. 1975 a. Late Cenozoic oxygen and carbon isotopic changes DSDP Site 284: Implication for glacial history of northern hemisphere and Antarctica. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 29: 801.
- Shackleton, N. J. y Kennett, J. P. 1975 b. Paleotemperatures history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotopic analysis in DSDP 277, 279 and 281. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 29: 743
- Smith - Woodward, A. 1900. On some Fish-remains from the Parana Formation. *Annals and Magazine of Natural History*, 7 (5).
- Sowerby, R., 1846. Description of the Tertiary fossils shells from South America. En: Ch. Darwin, *Geological Observations on the volcanic Islands and Parts of South America visited during the voyage of H. M. S. "Beagle"*. Appleton, Londres, 548 p.
- Stappenbeck, R. 1927. Über Transgressionen und Regressionen des Meeres und Gebirgsbildung in Südamerika. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Beilageband* 58. Abt. B
- Uliana, M. A. y Biddle, K. T. 1988. Mesozoic - Cenozoic Paleogeographic and Geodynamic Evolution of Southern South America. *Revista Brasileira de Geociencias* 18 (2): 172 - 190.
- Wahnish, E. 1937. Nota sobre una especie de *Linga* en la Formación Entrerriana de la Argentina. *Holmbergia* 1: 180 - 183.
- Wahnish, E. 1939. Perforación Riachuelo No.5. Buenos Aires. Perfil geológico y descripción de los fósiles. *Holmbergia* 2: 141 - 156.

- Windhausen, A., 1931. *Geología Argentina. Geología histórica y regional del territorio argentino*. Segunda Parte. Peuser, Buenos Aires, 645 p.
- Woodring, W. P. 1974. The Miocene Caribbean Faunal Province and its subprovinces. *Verhandlungen Naturforschenden Gesellschaft Basel* 84 (1): 209 - 213.
- Wright, J. D., Miller, K. G. y Fairbanks, R. G. 1991. Evolution of modern Deepwater circulation: evidence from the Late Miocene Southern Ocean. *Paleoceanography* 6 (2): 275 - 290.
- Yrigoyen, M. 1969. Problemas estratigráficos del Terciario de Argentina. *Ameghinian*, 6 (4): 315 -329.
- Zabert, L. L. 1978. Micropaleontología de la Formación Paraná (Mioceno superior) en el subsuelo de la provincia de Santa Fé, República Argentina. *FACENA* 2: 101 - 165.
- Zabert, L. L y Herbst, R. 1977. Revisión de la Microfauna Miocena de la Formación Paraná (entre Victoria y Villa Urquiza, Provincia de Entre Ríos, Argentina) con algunas consideraciones estratigráficas. *FACENA* 1: 131 - 174.
- Zabert, L. L y Barbano, I. 1982-1984. Microfósiles Miocénicos (Formación Paraná) de Córdoba, Santiago del Estero y nuevas descripciones de Entre Ríos. *FACENA* 5: 135 - 150.
- Zinsmeister, W. J., Marshall, L. G., Drake, R. E. y Curtis, G. H. 1981. First Radioisotope (Potassium-Argon) age of marine Neogene Rionegro Beds in Northeastern Patagonia, Argentina. *Science* 212, 440.
- Zucol, A. F. y Brea, M. 2000. Análisis fitolítico de la Formación Paraná (Mioceno superior) en el Departamento Diamante, Entre Ríos, Argentina. *2º Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 7º Reunión Argentina de Sedimentología*. (Mar del Plata, 2000). *Resúmenes*, 190.

Recibido: 15 de julio de 2000

Aceptado: 20 de noviembre de 2000

Estudio palinoestratigráfico del Oligoceno tardío-Mioceno en secciones de la costa patagónica y plataforma continental argentina

Viviana BARREDA¹ y Susana PALAMARCZUK²

Abstract. PALINOSTRATIGRAPHICAL STUDY OF THE LATE OLIGOCENE-MIOCENE IN SECTIONS OF PATAGONIAN SHORE AND CONTINENTAL PLATFORM OF ARGENTINA. The purpose of this study is to provide a preliminary palynostratigraphic correlation scheme based on integrated distributions of both, continental and marine palynomorphs from surface and subsurface sections (Upper Oligocene through Early-Middle Miocene) located along the Atlantic Patagonic Coast and in the Argentine Continental Shelf between latitudes 40° and 53° S. The age assignment is supported by concurrent information from known local and regional stratigraphic ranges of the species and by the presence of other diagnostic fossil groups. Four informal angiosperm pollen and dinocyst associations are proposed: M-M/R (Late Oligocene), C-T/L, G/C (Early Miocene) and T-B/H (late Early - Middle Miocene). The Lower association is characterized by the presence of *Mutisiapollis viteauensis* (Barreda) Barreda, *Margocolporites tenuireticulatus* Barreda and *?Reticulatosphaera actinocoronata* (Benedek) Bujak and Matsuoka, and was recognized in Mazarredo and Punta Nava sections, southern San Jorge Gulf area, and in Aries x-1 well, Austral Basin, interval 530-350m. In Ra x-1 well, Colorado Basin, below depth 1790m (Elvira Formation), the association was not clearly recognized due to the scarcity of dinocysts, although the interval might represent the proposed M-M/R association. At level 1930m (the lowermost fertile sample) the presence of *Tuberculodinium vancampoe* (Rossignol) Wall indicates an age not older than Upper Oligocene. The C-T/L association, characterized by *Cyperaceapollis neogenicus* Krutzsch, *Tricolpites triobolatus* Mildenhall and Pocknall, and *Lingulodinium hemicystum* Mc Minn, was identified in Ra x-1 well, interval 1790-1650m (top of Elvira Formation and basal Barranca Final Formation); Chenque Formation, lower Chenque section, San Jorge Gulf Basin; top of Punta Nava and El Faro sections in the southern San Jorge Gulf area, in the lower part of Monte Entrada and Monte Observación sections, Austral Basin, and in Aries x-1 well, interval 350-260m, Austral Basin. The G/C association, characterized by *Glencopollis ornatus* Pocknall and Mildenhall, and *Cannosphaeropsis utinensis* Wetzel, was recognized in Ra x-1 well between 1630 and 1610m, the uppermost level herein considered. Chenque Formation (upper Chenque section), San Jorge Gulf Basin; upper part of Monte Entrada and Monte Observación sections, Austral Basin, Santa Cruz Province, are also included in this association. The T-B/H association, defined by the presence of *Tubulifloridites antipodica* Cookson, *Baumannipollis chubutensis* Barreda, and acmé of *Hystriochosphaeropsis obscura* Habib, was recognized in Antena and Cañadón Baumann sections, Chenque Formation, Chubut Province. This study indicates that integrated palynological data are of considerable promise for further, more detailed biostratigraphic correlation.

Key words: Palynostratigraphy. Correlation. Late Oligocene-Miocene. Patagonia. Continental Shelf. Argentina.

Palabras clave: Palinoestratigrafía. Correlación. Oligoceno Tardío. Mioceno. Patagonia. Plataforma continental. Argentina.

Introducción

En este trabajo se presenta una síntesis de las investigaciones palinológicas realizadas por las autoras en distintas secciones en el entorno del Mioceno a lo largo de la costa atlántica y de la plataforma continental argentina. La región que abarca el estudio comprende un conjunto de afloramientos y secciones de pozo cuya interpretación, especialmente con respecto a la edad de las transgresiones marinas involucradas, ha sido controvertida. El concepto original de “for-

¹ Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” Av. Angel Gallardo 470, C 1405 DJR Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: vbarreda@ciudad.com.ar

² CONICET. Correo electrónico: suspal@movi.com.ar

mación patagónica” utilizado para caracterizar estos depósitos en los tiempos de D’Orbigny fue seguido por autores posteriores, atribuyéndole a la misma asociaciones fósiles provenientes de diversas localidades y edades que variaron entre el Eoceno y el Mioceno, o aún Plioceno (Hatcher, 1897; Ortmann, 1900; Ihering, 1902; Wichmann, 1918; Windhausen, 1924; Frenguelli, 1929; Ferugio, 1949). Estudios subsiguientes perfeccionaron este esquema original mediante

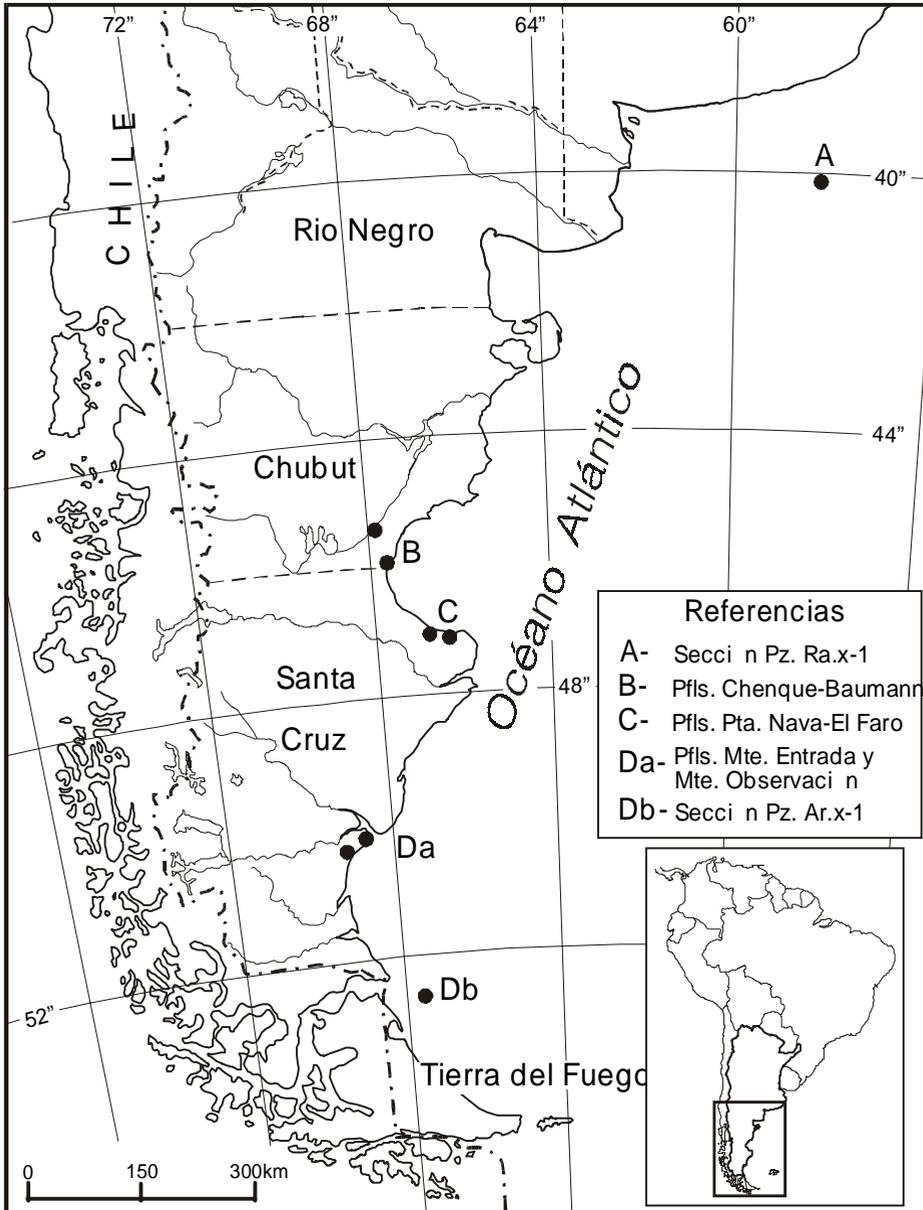


Figura 1. Mapa de Ubicación/ Location map.

el análisis de perfiles de detalle, definición de unidades formacionales, aporte de nuevos conocimientos paleontológicos y dataciones radimétricas (Camacho y Fernández, 1956; Camacho, 1974; Becker, 1964; Becker y Bertels, 1980; Bertels, 1970, 1975, 1978; Malumián, 1970, 1972; Malumián y Náñez, 1988, 1991, 1998; Náñez, 1990; Cione y Expósito, 1978; Parma, 1985, 1989; Bellosi, 1990, 1995; Legarreta y Uliana, 1994; Feagle, *et al.*, 1995, entre otros). La palinología es una disciplina que comenzó a ser usada algo más modernamente para caracterizar estos depósitos en distintas localidades, sumando un nuevo aporte para las interpretaciones estratigráficas locales (Gammero y Archangelsky, 1981; Quattrocchio *et al.*, 1986; Guerstein, 1987, 1990a y b; Guerstein y Quattrocchio, 1988; Guerstein y Guler, 2000; Archangelsky, 1996).

Los estudios palinológicos consisten en el análisis de microfósiles de pared orgánica de origen continental y marino. Dentro del primer grupo se consideran las algas de agua dulce, simples o coloniales, restos de hongos (esporas, cuerpos fructíferos e hifas), esporas de briófitas y pteridófitas y granos de polen de gimnospermas y de angiospermas. Forman parte del espectro orgánico continental, además de los restos figurados que se mencionaron, fragmentos microscópicos de vegetales, principalmente leños y cutículas. El segundo grupo, palinomorfos de origen marino, consiste fundamentalmente en quistes de dinoflagelados además de algas simples o coloniales, acritarcos y capas internas de foraminíferos.

En este trabajo se intenta una correlación regional para un área latitudinalmente extendida, en base al análisis integrado de palinomorfos de origen continental y marino comparando secciones ubicadas entre los 40° y 53° S. Las localidades consideradas son: A- Cuenca del Colorado (pozo Ra x-1, profundidad 2030 a 1610mbbp, abarcando parte de la Fm. Elvira y la base de la Fm. Barranca Final, sólo paleomicroplancton), B- Cuenca del Golfo San Jorge, Fm. Chenque (perfiles Chenque, Viteau, Punta Delgada, Playa Las Cuevas, Antena y Baumann), C- Área sur del Golfo San Jorge (perfiles Mazarredo, Punta Nava y El Faro), D- Cuenca Austral, a- Formación Monte León (perfiles Monte Observación y Monte Entrada), b- Pozo Aries x-1 (profundidad 640- 260mbbp) (figura 1).

En cada una de las localidades estudiadas se procedió al estudio conjunto de los grupos considerados lográndose resultados de carácter cronoestratigráfico, y, en parte, paleoclimático y paleobiogeográfico. El análisis se llevó a cabo separadamente para cada uno de los grupos, aunque los mismos se recuperaron de manera conjunta a partir del tratamiento estándar para palinología. Este abordaje es metodológicamente adecuado debido a las diferencias resultantes del distinto origen y requerimientos ecológicos de cada uno.

En esta síntesis se presenta un esquema informal de correlación entre las áreas estudiadas para los tiempos Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano a Medio, basado en presencias de especies características de palinomorfos consideradas como guía. Las asociaciones fueron definidas en base a especies de polen de angiospermas y de dinoquistes, estableciendo un marco general de referencia que, aunque no pretende ser definitivo, ofrece un punto de partida sobre el cual avanzar en futuras investigaciones.

Materiales y Métodos

En los trabajos correspondientes a cada una de las secciones se detallaron los materiales y métodos utilizados. Para la sección correspondiente al tramo del pozo Ra x- 1 que aquí se comunica por primera vez, se usaron los procedimientos estándar para palinología, analizándose solamente la fracción +25 um del residuo obtenido, en la que se concentró el paleomicroplancton.

Los preparados de las secciones comunicadas anteriormente conservarán la sigla CIRGEO

Palin, con el número de catálogo correspondiente, aunque a partir de la fecha se encontrarán depositados en la Palinoteca del Museo Bernardino Rivadavia. Los preparados correspondientes a las muestras del pozo Ra x-1 llevarán la sigla SP Dn, y los números de catálogo 1 a 25 y estarán depositados provisoriamente en la colección personal de una de las autoras (SP).

El material analizado por luz transmitida fue fotografiado con película Agfapan 25 y las coordenadas de los ejemplares de polen y esporas ilustrados corresponden al microscopio Leitz Dialux 924193, y las del paleomicroplankton a los microscopios Ortholux 963806(OL) y Orthoplan 939365 (OP).

Polen y esporas

En el entorno del Oligoceno Tardío-Mioceno Medio, en Patagonia comienza a desarrollarse una vegetación relativamente moderna, representada por un espectro esporopolínico de características definidas y que puede diferenciarse fácilmente de las asociaciones más antiguas, paleogenas en general. Se documentan por primera vez representantes de las compuestas (*Mutisiapollis viteauensis* (Barreda) Barreda), se diversifican las malváceas (*Baumannipollis* spp., *Malvacipolloides* spp.), gramíneas (*Graminidites* spp.), quenopodiáceas (*Chenopodipollis chenopodiaceoides* (Martin) Truswell) y efedráceas (*Equisetosporites claricristatus* (Shakmundes) Barreda, *E. lusaticus* (Kruttsch) Barreda, *E. notensis* (Cookson) Romero), empezando a evidenciarse los primeros indicios de una incipiente vegetación abierta, herbácea y arbustiva para los tiempos y áreas considerados y que caracterizarán el paisaje del resto del Neogeno. Se reconocen onagráceas (*Diporites aspis* Pocknall y Mildenhall, *Corsinipollenites atlantica* Barreda), symplocáceas (*Senipites patagonica* Barreda) y escalloniáceas (*Quintiniapollis estriatulosa* Barreda), y también, aunque en forma restringida tanto temporal como arealmente, goodeniáceas (*Poluspissusites puntensis* Barreda) y palmáceas (*Arecipites subverrucatus* (Pocknall) Mildenhall y Pocknall). Las áreas boscosas continúan constituyendo una parte importante de la vegetación, con dominio general de podocarpáceas (*Podocarpidites* spp., *Phyllocladidites mawsonii* Cookson, *Lygistepollenites florinii* (Cookson y Pike) Stover y Partridge, entre otras), fagáceas (*Nothofagidites* spp.) y araucariáceas (*Araucariacites australis* Cookson). Entre los helechos son características las esporas de pteridáceas (*Muricangulisporis chenquensis* Barreda), polypodiáceas (*Polypodiisporites radiatus* Pocknall y Mildenhall, *P. inangahuensis* (Couper) Potonié *emend.* Pocknall y Mildenhall), lofosoriáceas (*Cyatheacidites annulatus* Cookson) y cyatheáceas (*Cyathidites* spp.); en las cuencas australes también es frecuente *Verrucosisporites kopukuensis* (Couper) Stover, de afinidad botánica incierta.

A pesar de la clara identidad composicional de las asociaciones esporopolínicas del área para los tiempos considerados en este estudio, se pudieron identificar especies con distribuciones restringidas que permitieron plantear un esquema palinoestratigráfico informal.

Bioestratigrafía y correlación

Los primeros estudios palinológicos efectuados por una de las autoras (VB) se llevaron a cabo en la cuenca del Golfo San Jorge. Para la misma se propuso un esquema informal de biozonación palinológica basado en el espectro esporopolínico. Se reconocieron entonces, para la Formación Chenque, tres palinozonas que abarcaban el intervalo Oligoceno? Superior-Mioceno Medio. Las mismas se denominaron en orden decreciente de edad, Palinozonas A, B, y C respectivamente, con una zona intermedia de transición entre las zonas A y B (Barreda,

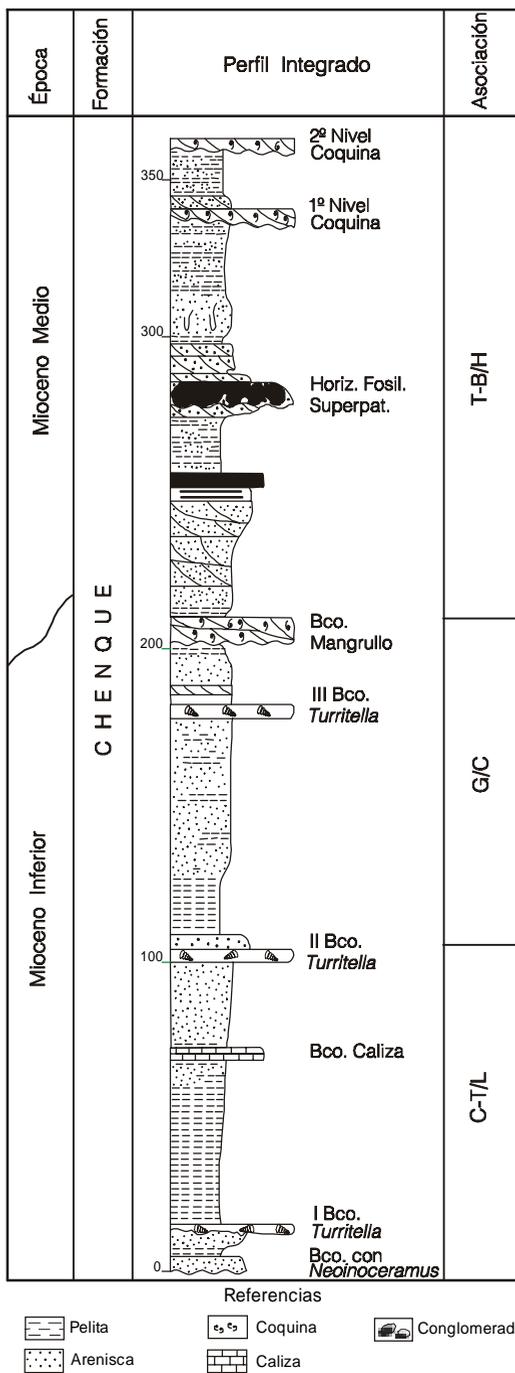


Figura 2. Localidad B, perfil integrado de la Formación Chenque, provincia del Chubut, mostrando la distribución de las asociaciones propuestas / *Locality B, composed section of Chenque Formation, Chubut Province, showing the distribution of the proposed associations.*

1996). En ese momento no se encontraron argumentos suficientes para descartar una antigüedad de la del Oligoceno para la Palinozona Inferior. Estudios posteriores permitieron reubicar toda la Formación dentro del Mioceno (Palamarczuk y Barreda, 1998). Si bien en un análisis regional más extendido no se mantuvieron constantes todas las distribuciones allí enunciadas, sí se preservó un esquema básico general que permitió una subdivisión del tiempo considerado y el tendido de líneas de correlación para el área. Las mismas fueron utilizadas como base en el esquema que ahora se presenta.

En un primer momento, la edad de las secciones analizadas se estableció teniendo en cuenta, por un lado, las distribuciones de especies características en áreas palinológicamente conocidas y, por otro, las relaciones estratigráficas de las secuencias consideradas. En una etapa posterior, con el análisis de secciones de la cuenca Austral, cuyas edades están más acotadas, ya sea por dataciones radimétricas (Feagle *et al.*, 1995) como por el estudio de otros grupos fósiles, especialmente foraminíferos (Náñez, 1990), se pudo corroborar y en algunos casos ajustar el esquema temporal planteado.

Para el entorno Oligoceno Superior-Mioceno Medio de la costa patagónica y plataforma continental argentina, entre los 45° y 53° de latitud sur, se definen cuatro asociaciones esporopolínicas, denominadas informalmente: M-M, C-T, G y T-B, y caracterizadas por la presencia de una o más especies indicativas (figura 8). Como marcadores bioestratigráficos se seleccionaron taxones con distribución restringida, poco afectados por controles paleoambientales y/o paleobiogeográficos, y morfologías características que faciliten su identificación. La asociación M-M, asignada al Oligoceno Tardío, se define por la presencia de las especies de polen *Mutisiapollis viteauensis* Barreda y *Margocolporites tenuireticulatus* Barreda y la falta de documentación de taxones registrados en depósitos más modernos. Dentro de esta asociación se producen además, las primeras apariciones, aunque saltuarias, de *Baumannipollis variaperturatus* Barreda y *Rhoipites cienaguensis* (Dueñas) Barreda. La documentación constante de estas especies y las apariciones de *Cyperaceapollis neogenicus* Krutzsch y *Tricolpites trioblatus* Mildenhall y Pocknall, asociada a un paulatino aumento en las frecuencias de quenopodiáceas y efedráceas, son utilizadas para definir la base de la asociación C-T atribuida al Mioceno Temprano. Otras formas de interés bioestratigráfico para la misma, aunque no siempre reconocidas en forma sincrónica son: *Corsinipollenites atlantica* Barreda y *Malvacipolloides comodoroensis* Barreda. Los últimos registros de *Margocolporites tenuireticulatus* y *Canthiumidites* aff. *C. bellus* (Partridge) Mildenhall y Pocknall se producen dentro de esta asociación. La primera documentación de *Glencopollis ornatus* Pocknall y Mildenhall es utilizada para establecer la base de la asociación G, también atribuida al Mioceno Temprano. En un entorno cercano al límite entre las dos asociaciones medias G-T y G las quenopodiáceas y efedráceas alcanzan su punto de acmé. *Tubulifloridites antipodica* Cookson se registra de manera saltuaria en la parte superior de la asociación G; su presencia continua, junto con los primeros registros de *Baumannipollis chubutensis* Barreda, se utilizaron para definir la asociación T-B asignada al Mioceno Temprano alto - Mioceno Medio bajo.

Oligoceno Tardío. La asociación M-M, asignada al Oligoceno Tardío, fue identificada en las secciones C y Db (figuras 3 y 5). El espectro polínico recuperado de ambas es comparable aunque no idéntico. En el área sur del Golfo San Jorge (Localidad C) se documentaron familias tropicales que no están presentes en la cuenca Austral (Localidad Db) sugiriendo, ya para el Oligoceno, una diferenciación en fajas climáticas.

Desde el punto de vista bioestratigráfico, en la localidad C, también se documentaron otras formas características, reconocidas en Patagonia sólo en el Oligoceno Superior y Mioceno

Inferior, como *Canthiumidites* aff. *C. bellus*, *Diporites aspis*, *Rubipollis oblatas* (Pocknall y Mildenhall) Mildenhall y Pocknall, junto con apariciones saltuarias de *Rhoipites cienaguensis* y *Baumannipollis variaperturatus* (Barreda y Palamarczuk, 2000a).

En la localidad Db, el Oligoceno Tardío se identificó en el intervalo 530-350mbbp (Palamarczuk y Barreda, 2000). El contenido esporopolínico del sector es muy pobre en número de especies y ejemplares, y, en consecuencia, además de los tipos característicos (*Mutisiapollis viteauensis*, *Margocolporites tenuireticulatus*), casi no se encontraron otros elementos de valor bioestratigráfico. Sólo se reconocieron ejemplares aislados de *Assamiapollenites incognitus* Pocknall y Mildenhall, especie que presenta un registro continuo recién en el Mioceno.

Mioceno Inferior. Las asociaciones C-T y G, atribuidas al Mioceno Temprano, se identificaron en la mayoría de las secciones y en todas las áreas consideradas (B, C, Da y Db). El espectro esporopolínico presentó variaciones composicionales y de frecuencias con respecto a las asociaciones oligocenas, mostrando un claro avance hacia un paisaje abierto, herbáceo y arbustivo. También se observó un retroceso general de las formas tropicales, especialmente en las localidades más australes: C, Da y Db.

En el perfil cerro Chenque y secciones equivalentes (localidad B), se identificaron las dos asociaciones medias C-T y G (figura 2). La asociación C-T, presente en la mitad inferior del cerro, se caracterizó por las presencias de *Tricolpites trioblatus*, *Baumannipollis variaperturatus* y *Cyperaceapollis neogenicus*, ésta última recién identificada en un nuevo muestreo lateral del perfil. En el mismo también se reconoció *Assamiapollenites incognitus*. En la parte superior de la asociación C-T a se produjeron los últimos registros de *Margocolporites tenuireticulatus*, *Canthiumidites* aff. *C. bellus* y *Arecipites subverrucatus*. Las quenopodiáceas y efedráceas alcanzaron en este sector su punto de acmé. La posterior aparición de *Glencopollis ornatus* marca la base de la asociación G, desarrollada en la mitad superior del perfil cerro Chenque. Otras especies que también aparecen en el sector son: *Poluspissusites puntensis*, *Corsinipollenites atlantica* y *Malvacipolloides comodoroensis* (Barreda 1996).

En la localidad C sólo fue identificada la asociación C-T en el nivel cuspidal del perfil Punta Nava y en el perfil El Faro (figura 3). Aquí se documentó *Cyperaceapollis neogenicus*, ejemplares típicos de la especie *Tricolpites trioblatus* y registros continuos de *Rhoipites cienaguensis* y *Baumannipollis variaperturatus*. También se observó un paulatino incremento en la frecuencias de quenopodiáceas y efedráceas, en relación con lo observado en los términos oligocenos de la cuenca. Otras especies de interés son: *Corsinipollenites atlantica* y *Malvacipolloides comodoroensis*, así como *Arecipites subverrucatus* y *Canthiumidites* aff. *C. bellus*, también identificadas en el Mioceno de la cuenca del Golfo San Jorge (localidad B). Las similitudes observadas sugieren una estrecha relación temporal entre el tramo inferior de la Formación Chenque y los niveles aflorantes en el perfil El Faro (Barreda y Palamarczuk, 2000a).

En la Formación Monte León (localidad Da) se reconocieron, aunque parcialmente, las dos asociaciones medias C-T y G (figura 4). El límite entre ambas estaría ubicado en los niveles medio superiores de la Formación Monte León donde se registran por primera vez *Glencopollis ornatus* y *Malvacipolloides comodoroensis*. También en este sector se produce un marcado incremento en las frecuencias de quenopodiáceas y efedráceas (Barreda y Palamarczuk, 2000b), mostrando un comportamiento similar al observado en la Formación Chenque. En los términos superiores de esta unidad, asignados a la asociación G, se identificaron ejemplares aislados de *Tubulifloridites antipodica*.

Por último, en el tramo del pozo Aries (Db) asignado al Mioceno Inferior (350-260mbbp) los tipos polínicos reconocidos sugieren su vinculación con la asociación C-T (figura 5). Las

especies estratigráficamente más significativas son: *Cyperaceapollis neogenicus*, *Mutisiapollis viteauensis*, *Baumannipollis variaperturatus*, *Corsinipollenites atlantica* y *Striasyncolpites laxus* Mildenhall y Pocknall. Esta última, de morfología característica y distribución paleogeográfica y cronoestratigráfica reducida (Mildenhall y Pocknall, 1989), no fue documentada en secciones correlacionables de latitudes más bajas (Palamarczuk y Barreda, 2000). Su afinidad botánica con el género *Lyparophyllum* de la familia Gentianaceae sugiere un desarrollo en áreas templado frías (Mildenhall y Pocknall, *op. cit.*). Este hecho estaría determinando su restricción al sector más austral de Patagonia. Otras formas identificadas de valor cronoestratigráfico son: *Assamiapollenites incognitus* y *Margocolporites tenuireticulatus*. Sus registros permiten relacionar la sección con la asociación C-T y correlacionarla con los niveles inferiores de la Formación Chenque (localidad B) y cuspidales del área sur del Golfo San Jorge (localidad C).

Mioceno Inferior alto-Mioceno Medio bajo. Depósitos de este entorno temporal sólo fueron identificados en Patagonia en la parte superior de la Formación Chenque (perfiles Antena y Baumann), cuenca del Golfo San Jorge (localidad B), (figura 2). En ellos se observó un buen desarrollo de *Tubulifloridites antipodica* y la aparición de *Baumannipollis chubutensis*, elementos que definen la asociación T-B. Estas dos especies también fueron documentadas en el Mioceno Medio de la provincia de San Juan, Formación Chinchas (Ottone *et al.*, 1998), a pesar de las marcadas diferencias paleoclimáticas reconocidas para ambas regiones, hecho que estaría avalando sus potencialidades como marcadores bioestratigráficos.

En el Mioceno Inferior alto-Mioceno Medio bajo de Patagonia se evidenció una retracción de las formas xerofíticas (anacardiáceas (*Striatricolporites gamerroi* Archangelsky), efedráceas, poáceas y en menor proporción quenopodiáceas) acompañadas por un avance de elementos tropicales. Esta asociación sugiere un incremento de temperatura y humedad hasta alcanzar un clima cálido y húmedo, tal como fuera sugerido por el estudio de otros grupos fósiles, principalmente vertebrados (Vucetich, 1994; Tauber, 1997; Kramarz, 1998).

Dinoflagelados

La reseña que se brinda comprende datos integrados de información previamente publicada e inédita. Las observaciones inéditas provienen de las localidades A, Pozo Ra x-1, cuenca del Colorado y B, Fm. Chenque, perfil Cañadón Baumann, cuenca del Golfo San Jorge. Los trabajos correspondientes a estas secciones se encuentran en preparación aunque se presenta aquí una síntesis que fundamenta la inclusión de los mismos en el contexto general de este esquema de correlaciones.

El análisis se centró en el logro de conclusiones de carácter bioestratigráfico, en el estado del conocimiento alcanzado hasta el presente por las autoras, y con el objetivo de establecer posibles correspondencias entre las distintas áreas consideradas. Los aspectos paleobiogeográficos, paleoclimáticos y paleoambientales se mencionan sólo cuando afectan de manera directa la distribución temporal de las especies.

Cuenca del Colorado. La sección disponible para el análisis consistió en un intervalo del pozo Ra x -1, localizado en el sector costa afuera de la plataforma continental argentina, coordenadas aproximadas 40° S y 58° O. Para esta misma cuenca, en su sector marginal, entre otros trabajos previos, pueden citarse: Quattrocchio *et al.*, 1986; Guerstein, 1990a y b; Guerstein y Quattrocchio, 1988; Guerstein y Guler, 2000; Archangelsky, 1996. Las muestras fértiles estu-

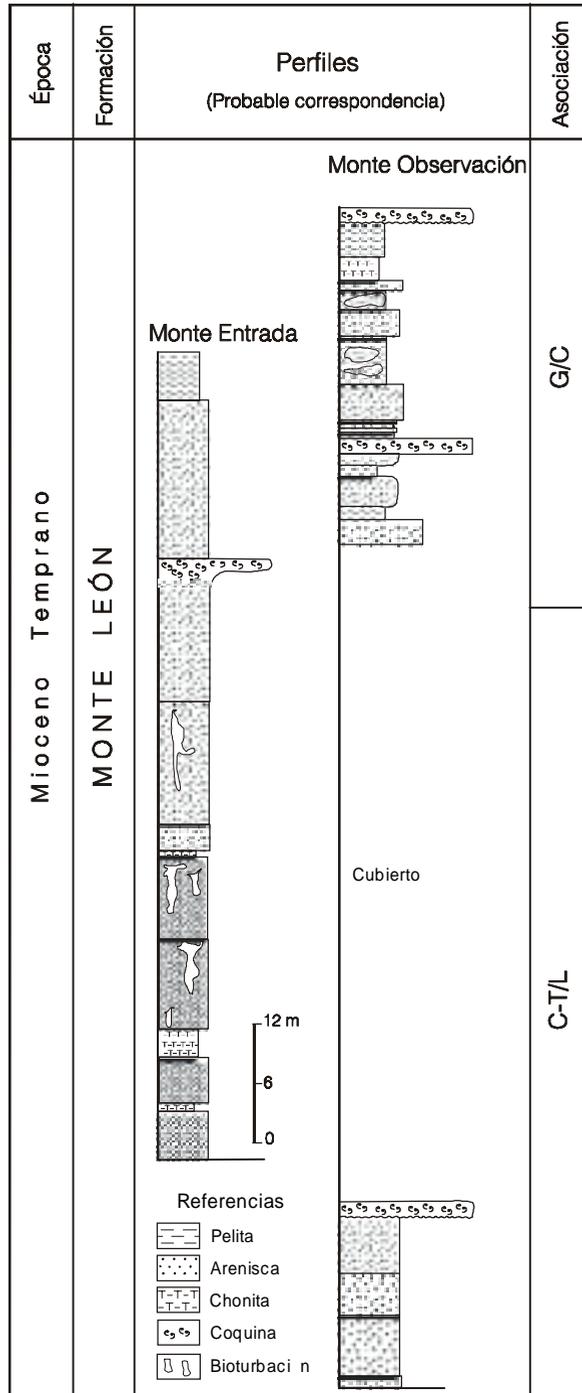
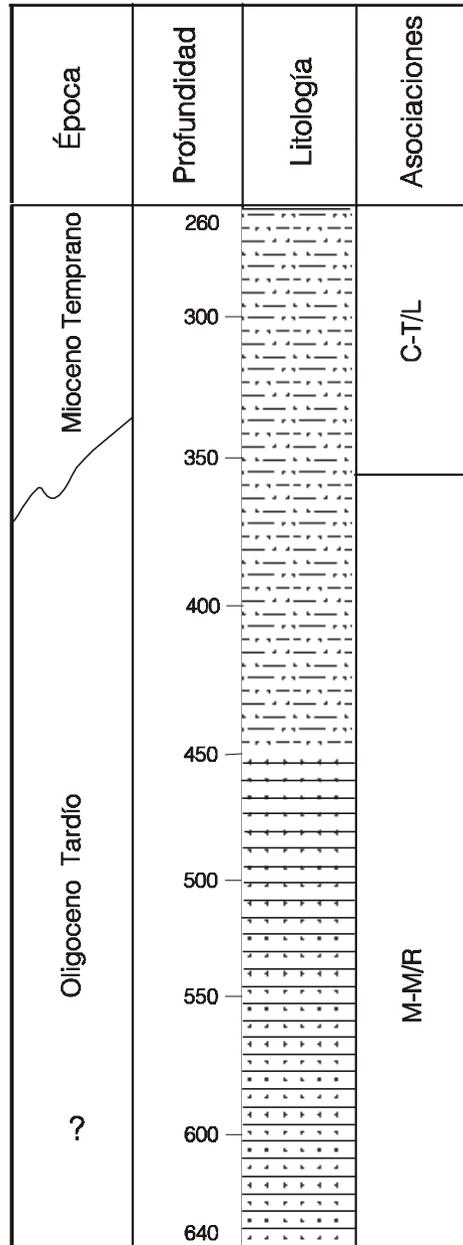


Figura 4 Localidad Da, Formación Monte León, secciones Monte Entrada y Monte Observación, provincia de Santa Cruz indicando la distribución de las asociaciones propuestas/ *Locality Da, Monte León Formation, Monte Observación and Monte Entrada sections, Santa Cruz Province, showing the distribution of the proposed associations.*

diadas, todas provenientes de tramos de *cutting* cubrieron las profundidades 1930 a 1610mbbp (figura 6) abarcando 190m cuspidales de la Formación Elvira, hasta la profundidad de 1740m, donde se da el pase a la Formación Barranca Final (Gamerro y Archangelsky, 1981), que se analizó en sus 130m basales. Por debajo de este intervalo sólo se revisó una muestra correspondiente al nivel 2030m que resultó estéril para palinología. En la profundidad de 1610m se registró un pulso marino extraordinariamente rico en dinoquistes, casi en un 100% de afinidad gonyaulacoide, constituido mayormente por representantes del grupo de los espiníferidos, con una gran variedad morfológica, comprendiendo los géneros *Spiniferites*, *Achomospaera*, *Haphniasphaera* e *Hystrihostrogylon*. El segundo grupo dominante identificado fue el del complejo *Operculodinium*, con presencia de *O. centrocarpum* (Deflandre y Cookson) Wall, *O. giganteum* Wall, y un número de variedades de estos tipos básicos. El grupo de especies pequeñas, de características semejantes a *O. plactum* Drugg y Loeblich, pero también con gran variación morfológica, es un componente importante de la asociación. Otras especies presentes, aunque en un número menor son: *Cannosphaeropsis utinensis* Wetzel, *Melitasphaeridium choanophorum* (Deflandre y Cookson) Harland y Hill, *Impagidinium* spp., *Lingulodinium hemicystum* Mc Minn, *Hystrihostrogylon rigaudiae* Deflandre y Cookson, *Nematosphaeropsis* spp., ?*Reticulosphaera actinocoronata* (Benedek) Bujak y Matsuoka, *Systematophora placacantha* (Deflandre y Cookson) Davey et al., *Schematophora* sp., *Dapsilidinium pseudocolligerum* (Stover) Bujak et al., *Tectatodinium pellitum* Wall y muy escasa presencia de *Hystrihostrogylon obscura* Habib, no documentada en niveles más antiguos del tramo. El contenido en paleomicroplancton disminuye sensiblemente en la muestra inferior, 1630m, registrándose partir de los 1650m nuevamente un aumento del contenido en número de ejemplares, que se mantiene relativamente estable y reflejando condiciones de ambiente de plataforma interna hasta el nivel 1790m, aunque en algunas muestras se observaron leves oscilaciones representativas de condiciones variables de cercanía a la costa. La composición, aunque mucho más pobre que la del nivel 1610 en preservación y número de ejemplares, mantiene una constante que es la dominancia de los grupos asignables a los complejos *Spiniferites* spp. y *Operculodinium* spp., además de las presencias, entre otras especies, de *Tectatodinium pellitum*, *Nematosphaeropsis lemniscata*, *Melitasphaeridium* sp., *Hystrihostrogylon* spp., *Systematophora placacantha*, y con participación de formas asignables al grupo de los protoperidiniodes, aunque en mucho menor abundancia que en latitudes más australes. Están presentes los géneros *Brigantidium*, *Lejeunecysta* y *Selenopemphix*. Hacia la base del tramo fértil se observó la presencia de otras especies del género *Lingulodinium*, con opérculos complejos, involucrando varias paraplasas, aunque en ningún caso pudo asignarse claramente el material a *L. machaerophorum* (Deflandre y Cookson) Wall. En el nivel 1790m se observaron escasos ejemplares con procesos abiertos distalmente, comparables a los señalados en Martin, 1991.

No se observó ninguna discontinuidad composicional brusca en los niveles representativos del pase formacional. Algunos registros de importancia bioestratigráfica pudieron documentarse en el tramo considerado. *Cannosphaeropsis utinensis* no está presente más allá del nivel 1630m, *Lingulodinium hemicystum* se documentó hasta el nivel 1790 m. *Tuberculodinium vancampoe* (Rossignol) Wall se registró de manera escasa y muy saltuaria en algunos niveles, ya que es una forma fuertemente controlada por condiciones ambientales y oceanográficas, pero su presencia en la muestra basal, 1930m, fue un criterio utilizado para establecer el límite inferior en la asignación temporal del intervalo palinológicamente fértil, ya que no se lo conoce en depósitos más antiguos que los del Oligoceno Tardío.

Entre los 1770 y los 1790m, se registraron algunos ejemplares del género *Deflandrea*, en dos tipos básicos, uno comparable a *D. phosphoritica* Eisenack, y otro de pared del cuerpo central con fuertes granulaciones, mencionado en Biffi y Manum (1988) como *D. cf heterophlycta* Deflandre y



Referencias

-  Arenisca limosa
-  Limolita arenosa

Figura 5. Localidad Db. Representación simplificada del intervalo estudiado del pozo Aries x-1, plataforma continental argentina, mostrando la distribución de las asociaciones propuestas/ *Locality Db. Simplified representation of the studied interval, Aries x-1 well, Argentine Continental Shelf, showing the distribution of the proposed associations.*

Cookson. Esta aparición aquí tiene la doble importancia de ser registrado el género por primera vez en la Formación Elvira, y resultar además un posible criterio de interpretación cronológica de las sedimentitas portadoras. La extinción del género por mucho tiempo se consideró como ocurrida dentro del Oligoceno Tardío, pero trabajos más recientes de detalle en el límite Oligoceno -Mioceno (Brinkhuis *et al.*, 1992) demostraron su presencia con estos tipos morfológicos básicos, en secciones de Italia, país en el que han sido definidos algunos de los estrato tipo del Mioceno, caracterizando el Mioceno Temprano inicial por el acmé de formas afines a las aquí encontradas. Dado que el género no se registró en localidades de Argentina, hasta el presente, en sedimentitas más modernas que las del Oligoceno Temprano, cabe inferir que una presencia moderada en niveles más jóvenes, puede corresponder a una extensión lateral de la zona de acmé en localidades geográficamente alejadas. *Lingulodinium hemicystum*, reconocido en los mismos niveles, no fue encontrado en depósitos más antiguos que los del Mioceno (Edwards en Head, 1993), lo que apoyaría esta inferencia. En este mismo nivel se observó además un cambio composicional indicativo del entorno del Mioceno Temprano inicial en su transición al Oligoceno. La asociación presentó dominancia de *Hystriochokolpoma* spp., con presencia de *Cordosphaeridium* sp. cf. *C. cantharellus* (Brosius) Gocht, *Pentadinium laticinctum* Gerlach, *Saturnodinium* sp. y un ejemplar de *Sumatradinium* sp., comparable al registrado en el pozo Aries x-1 en los dos niveles más modernos estudiados (Palamarczuk y Barreda, 2000). Por debajo del nivel 1790m, las asociaciones se empobrecen marcadamente, por lo que los registros estratigráficos pierden significación. La presencia de *Tuberculodinium vancampoe* el nivel basal fértil (1930m) acotaría el tramo como no más antiguo que Oligoceno Tardío. El nivel 2100 resultó ya palinológicamente estéril. Se concluye entonces, para el intervalo con influencia marina, una asignación temporal comprendida entre el ?Oligoceno Tardío alto y el Mioceno Temprano alto. Los depósitos suprayacentes no se analizan aquí ya que no se dispone de muestras del sector correspondiente.

Las autoras no han efectuado aún estudios palinológicos de las Formaciones Elvira y Barranca Final en sus áreas tipo. Estudios de microfósiles calcáreos las atribuyen al Oligoceno Inferior y al Entrierriense respectivamente (Malumian *et al.*, 1998a y b). No puede establecerse, por lo tanto, palinológicamente, ninguna relación entre las secciones aquí estudiadas y sus homónimas de las secciones tipo, ya que las edades sugeridas por los palinomorfos no son completamente coincidentes con las propuestas para dichas áreas en los trabajos mencionados. En el caso de la Formación Barranca Final es probable que la diferencia de edades se deba más bien a la falta, en este estudio, de las muestras correspondientes a los términos superiores de la Formación, que posiblemente representen los niveles correlacionables con la sección aflorante en el área tipo.

Perfil Baumann. Se estudió una sección de 64m de la Fm Chenque, expuesta en el Cañadón Baumann. La misma brindó material palinológico continental y marino. El contenido esporopolínico fue comunicado en Barreda (1993, 1996), mientras que la información del paleomicroplancton se comunica por primera vez en esta contribución, sólo en referencia a los tipos de interés bioestratigráfico. Los niveles de mayor contenido en dinoquistes 7B y 8B (figura 7) brindaron asociaciones compuestas mayormente por *Hystriochosphaeropsis obscura*, ya en su momento de acmé, y *Tuberculodinium vancampoe*, con excelente preservación y en gran número de ejemplares, siendo la abundancia en este caso, probablemente, debida a condiciones referibles a una masa de agua de tipo templado cálido. Cabe destacar aquí, además, la presencia de *Palaeocystodinium golzowense* Alberti, especie que tiene una muy diferente historia en las cuencas del hemisferio norte que en las de alta latitud del hemisferio sur. En éstas no ha sido documentado en ningún caso en sedimentitas más jóvenes que las del Paleoceno Superior, siendo especie guía

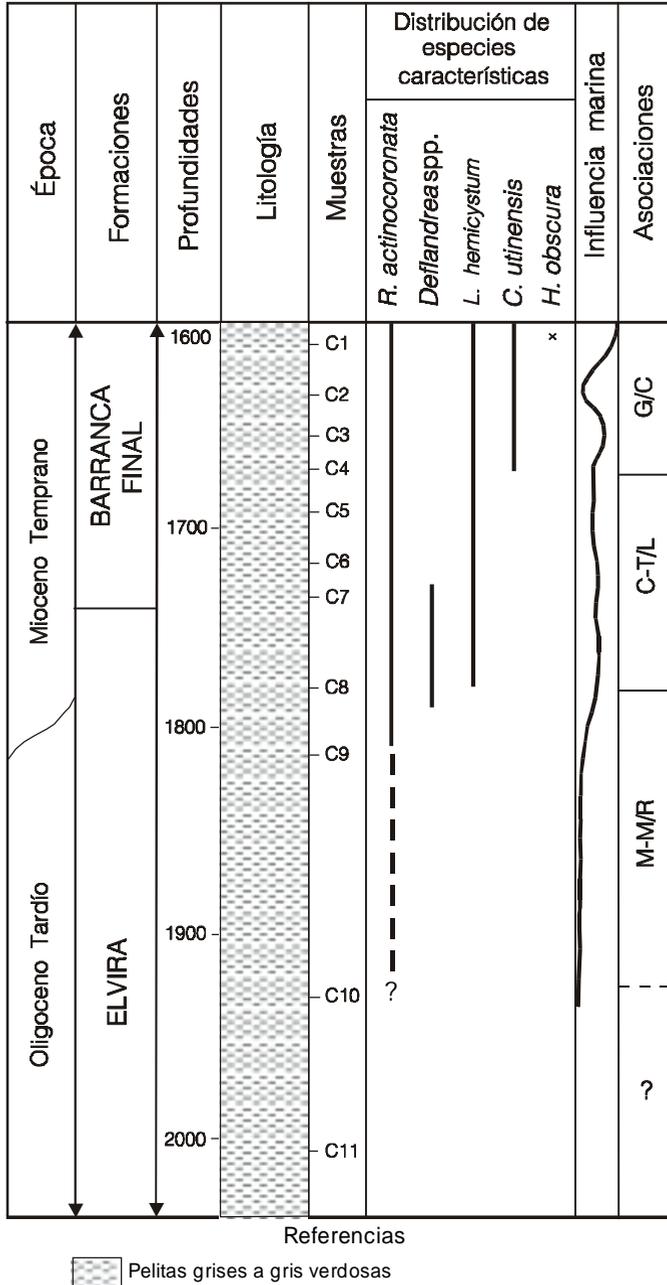


Figura 6. Localidad A. Representación simplificada del intervalo estudiado del pozo Ra x-1, mostrando la distribución de las asociaciones de dinoflagelados propuestas / *Locality A. Simplified representation of the studied interval, Ra x-1 well, Argentine Continental Shelf, showing the distribution of the dinoflagellate associations proposed.*

para estos tiempos en Nueva Zelanda (Wilson, 1988; Strong *et al.* 1995). Lo mismo sucede en las distintas secciones de estas edades estudiadas en Tierra del Fuego (Palamarczuk y Olivero, en prensa). La documentación en el Mioceno, con presencia escasa pero significativa, además de un sólo registro en el nivel 1630m de la localidad A, relaciona la sección con corrientes provenientes del norte, en donde *P. golzowense* es característico, y fue definido, en depósitos del Oligoceno (Alberti, 1961). Se registró además, la presencia abundante de formas referibles en sentido amplio al complejo *Systematophora* sp. cf. *S. placacantha*, similares a las citadas para el perfil Monte Observación, especialmente en su sector basal, aunque en éste con presencia de algunos ejemplares con unión distal de los complejos de procesos, asignados tentativamente a *?Enmetrocyta* sp. (Barreda y Palamarczuk 2000a). Este grupo se diferencia en forma y tamaño de los ejemplares recuperados en la cuenca del Colorado y en el Cerro Chenque, cuyos caracteres bien definidos permiten referirlos a la especie tipo del Mioceno Medio de Australia (Deflandre y Cookson, 1955). En el perfil Cañadón Baumann, la población recuperada consiste en ejemplares algo más pequeños y con gran variabilidad intraespecífica. El valor bioestratigráfico de este complejo deberá ser probado a partir de un mayor número de observaciones. La variabilidad del mismo fue documentada de igual modo para depósitos del Mioceno de Australia estrechamente comparables (Martín, 1991).

Bioestratigrafía y correlación

Considerando el área geográfica entre las latitudes 40° sur y 53° sur, se puede elaborar un esquema preliminar de distribuciones estratigráficas de especies guía, integradas con las asociaciones esporopolínicas (figura 8) caracterizando, a partir de las mismas, cuatro asociaciones informales, y asignándolas tentativamente a entornos cronológicos determinados. Asociación R: identificada en las localidades A? (por debajo de los 1790mbbp.), C (perfil Punta Nava) y Db (por debajo de los 350mbbp). La especie que la caracteriza es *?Reticulatosphaera actinocoronata*, y es asignada al Oligoceno Tardío. asociación L, caracterizada por *Lingulodinium hemicystum*, asignada al Mioceno Temprano y definida en las localidades A (por encima de los 1790mbbp.), B (perfil cerro Chenque parte inferior), C (perfil El Faro), Da (perfiles Monte Entrada y Monte Observación, parte inferior) y Db (350-260 mbbp.). asociación C, *Cannosphaeropsis utinensis*, del Mioceno temprano alto, localidades A (a partir de los 1630mbbp), B (perfil Cerro Chenque) y Da (perfiles Monte Entrada y Monte Observación, parte superior), y asociación H, con acmé de *Hystriochsphaeropsis obscura*, en el entorno Mioceno Inferior alto-Mioceno Medio, localidad B (perfil Baumann).

El paleomicroplancton de las edades analizadas es muy rico y potencialmente apto para el establecimiento de una zonación fina, basada en un número suficiente de observaciones y una metodología adecuada. Entre las especies que con toda seguridad serán buenas indicadoras de zona se cuentan entre otras, *Nenatosphaeropsis rigida* Wrenn, *Spiniferites mirabilis* (Rossignol) Sarjeant, *Brigantedidium* spp. y *Selenopemphix nephroides* Benedek, *Hystriochstrogylon* sp., y *Sumatradinium* sp. Para estas y otras potenciales especies guías no fue posible todavía determinar con claridad el grado de control ambiental y oceanográfico de sus distribuciones.

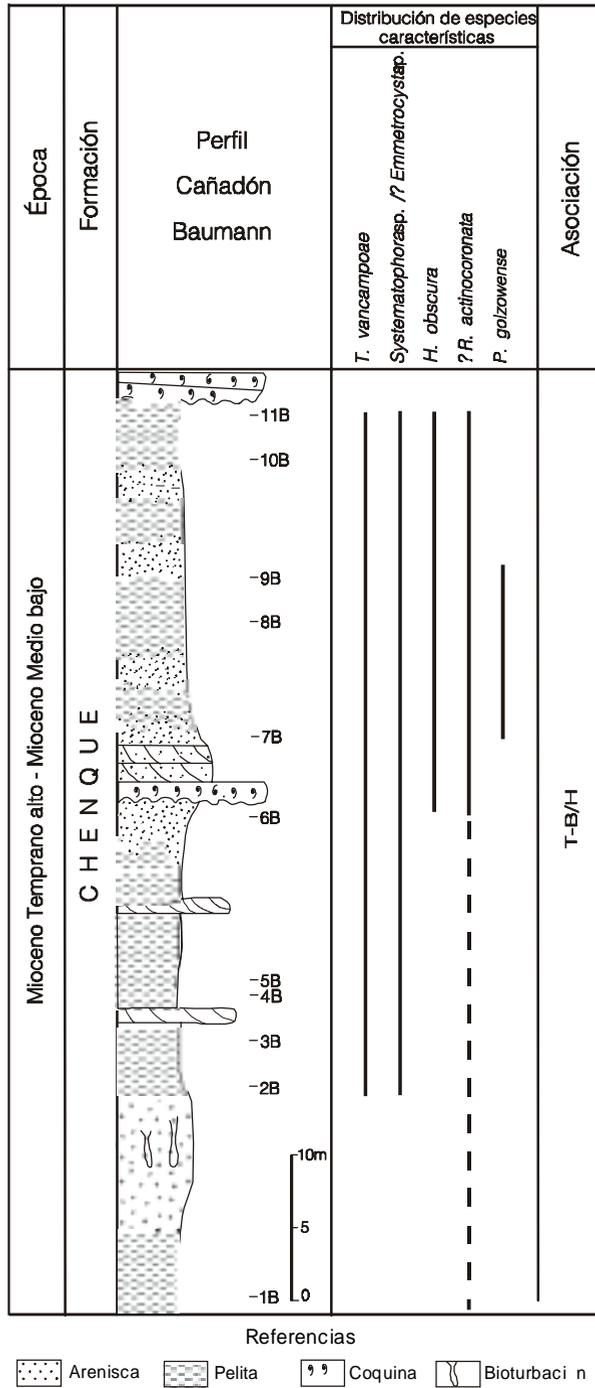


Figura 7. Localidad B, Formación Chenque, perfil Cañadón Baumann mostrando especies seleccionadas de dinoquistes y la distribución de las asociaciones propuestas / *Locality B, Chenque Formation, Cañadón Baumann Section, Chubut Province, showing selected dinocysts species and the distribution of the proposed dinoflagellate associations.*

Resultados integrados

Los estudios independientes de ambos grupos de palinomorfos han probado que éstos son buenos indicadores bioestratigráficos y por lo tanto, elementos potencialmente útiles en el establecimiento de correlaciones. Además, según se desprende del análisis de depósitos de los tiempos aquí considerados, las distribuciones de especies tomadas como guía son aproximadamente coincidentes para los tipos polínicos y para los dinoquistes lo que permitió proponer un esquema integrado de asociaciones para ambos grupos. Así pudo establecerse la correspondencia de la Asociación M-M/R definida por las presencias conjuntas de *Mutisiapollis viteauensis*, *Margocolporites tenuireticulatus* y *?Reticulosphaera actinocoronata*, la asociación C-T/L, con *Cyperaceapollis neogenicus*, *Tricolpites trioblatus* y *Lingulodinium hemicystum*, la asociación G/C, con *Glencopollis ornatus* y *Cannosphaeropsis utinensis*, y la asociación T-B/H, con *Tubulifloridites antipodica*, *Baumannipollis chubutensis* y acmé de *Hystrichosphaeropsis obscura* (figura 8).

Conclusiones

La información disponible a partir de distintas disciplinas para los tiempos y localidades aquí analizados es amplia y en muchos casos contradictoria. Las conclusiones a las que se arriba en este trabajo son el resultado de observaciones e interpretaciones personales de las autoras, ya que un tratamiento exhaustivo de la bibliografía previa sobre el tema excedería ampliamente los objetivos planteados en esta contribución.

La palinología es una rama de la paleontología de aplicación relativamente reciente en bioestratigrafía, por lo que es aún mucho lo que resta investigar, ya sea en número de secciones a analizar como en la uniformidad de criterios, especialmente, los taxonómicos, para el tratamiento de las especies. Es por este motivo que las conclusiones que se expresarán a continuación representan sólo un esquema preliminar de correlación que con toda seguridad podrá ser sustancialmente mejorado a partir de observaciones posteriores.

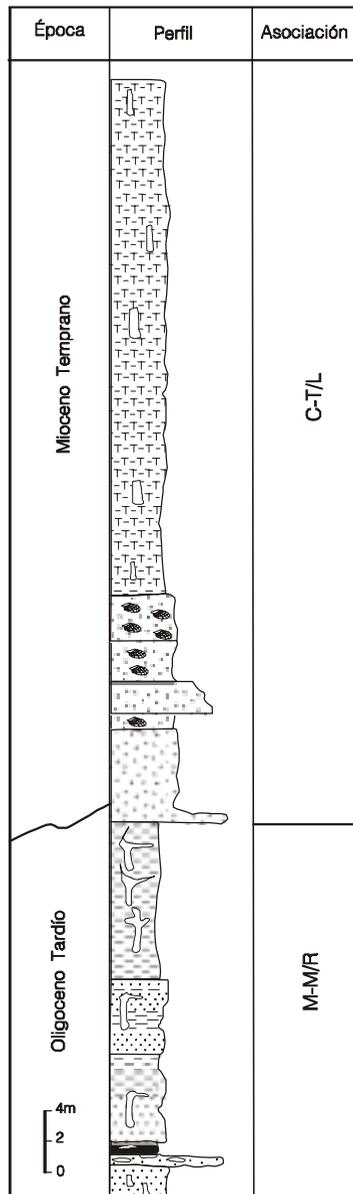
- En base a análisis integrado de los palinomorfos continentales y marinos, ya sea por sus presencias o por sus abundancias relativas, se postula para las latitudes analizadas desde los 53° S hacia el norte, hasta los 40° S, el establecimiento de una transgresión marina que comenzaría en el entorno del Oligoceno Tardío, con manifestaciones de distinta intensidad, y con una extensión estratigráfica variable según las condiciones geológicas de las cuencas en las que se registra. Esta transgresión se intensificaría a partir del Mioceno Temprano, con distintas expresiones ambientales, que comprenden depósitos costaneros, de plataforma interna, externa, hasta condiciones oceánicas. Luego de un periodo de retracción del nivel del mar, un nuevo pulso, probablemente en el Mioceno Medio, se registra en algunas de las localidades estudiadas.

- Se proponen cuatro asociaciones palinológicas informales, basadas en presencias características de granos de polen de angiospermas y quistes de dinoflagelados:

- asociación M-M/R, asignada al Oligoceno Tardío, y caracterizada por las especies *Mutisiapollis viteauensis*, *Margocolporites tenuireticulatus* y *?Reticulosphaera actinocoronata*.

- asociación C-T/L y asociación G/C, del Mioceno Temprano, con presencia de *Cyperaceapollis neogenicus*, *Tricolpites trioblatus* y *Lingulodinium hemicystum* en la primera, y de *Glencopollis ornatus* y *Cannosphaeropsis utinensis* en la segunda.

- asociación T-B/H, con *Tubulifloridites antipodica*, *Baumannipollis chubutensis* y acmé de *Hystrichosphaeropsis obscura*, probablemente ya del Mioceno Medio.



Referencias

- | | |
|---|--|
|  Nidos <i>Pinna</i> spp. |  Limolita |
|  Banco de <i>Ostrea</i> spp. |  Arenisca |
|  Bioturbacina |  Chonita |
|  Pelita |  Conglomerado |

Figura 8 Representación esquemática de correlación entre las áreas estudiadas, mostrando las especies guía de polen de angiospermas y dinoquistes y las asociaciones palinológicas integradas, definidas en este trabajo / *Schematic representation of correlation between the studied localities, showing key species of angiosperm pollen and dinocysts and the integrated palynological associations defined in this study.*

- Para ambos dominios, continental y marino, se registran diferencias en fajas latitudinales climáticas y de condiciones de aguas, con oscilaciones temporales para cada uno de los momentos considerados.

Agradecimientos

Se agradece especialmente al Dr. Juan Carlos Gamero por su apoyo constante y por la toma de algunas fotomicrografías de paleomicroplancton. Al Dr. Juan Tramezzani por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo, al Dr. L. de Verteuil por la comparación de ejemplares de *Brigantidium* de las secciones del Sur del Golfo San Jorge y del pozo Aries x-1, a la agrimensora Amalia González por la confección de las ilustraciones, al Sr. Angel Fusaro por las copias fotográficas y a la Sra. Shelley Hay por la revisión del abstract. El trabajo es una contribución al Proyecto Cenozoico de la plataforma continental argentina y Patagonia (PICT 07-00000-01809. BID 802/OC-AR).

Figura 9.

A, *Chenopodipollis chenopodiaceoides* (Martin) Truswell. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardio-Mioceno Medio; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 849: 35,3/95,7/ *M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; specimen from Locality B.*

B, *Canthiumidites* aff. *C. bellus* (Partridge) Mildenhall y Pocknall. Asociaciones M-M/R y C-T/L. Oligoceno Tardio- Mioceno Temprano; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 843: 44,8/98,3/ *M-M/R and C-T/L Associations. Late Oligocene-Early Miocene; specimen from Locality B.*

C-D, *Margopolporites tenuireticulatus* Barreda. Asociaciones Inferior y Media a. Oligoceno Tardio-Mioceno Temprano; **C**, ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 843: 46,9/106,8; **D**, ejemplar de Localidad Db, CIRGEO Palin 1245: 27/102,8/ *M-M/R and C-T/L Associations. Late Oligocene-Early Miocene; C, specimen from Locality B; D, specimen from Locality Db.*

E, *Malvacipolloides comodoroensis* Barreda. Asociaciones C-T/L?, G/C, y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 957: 31,4/106,6/ *Middle a?, Middle b and Upper Associations. Early through Middle Miocene; specimen from Locality B.*

F, *Diporites aspis* Pocknall y Mildenhall. Asociaciones M-M/R y C-T/L. Oligoceno Tardio-Mioceno temprano; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 1245: 39,4/111,5/ *M-M/R and C-T/L Associations. Late Oligocene-Early Miocene; specimen from Locality B.*

G, *Baumannipollis variaperturatus* Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardio- Mioceno Medio; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 921: 29,3/106/ *M-M/R, C-T/L, G-C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; specimen from Locality B.*

H-I, *Equisetosporites claricristatus* (Shakmundes) Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardio-Mioceno Medio; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 845: 47,2/103,5/ *M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; specimen from Locality B.*

J, *Poluspissusites puntensis* Barreda. Asociaciones C-T/L? y G/C. Mioceno Temprano; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 857: 36,7/109,8/ *C-T/L? and G/C Associations. Early Miocene; specimen from Locality B.*

K, *Polypodiisporites radiatus* Pocknall y Mildenhall. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardio-Mioceno Medio; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 898: 28,3/94,8/ *M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; specimen from Locality B.*

L, *Arecipites subverrucatus* (Pocknall) Mildenhall y Pocknall. Asociaciones M-M/R y C-T/L. Oligoceno Tardio-Mioceno Temprano; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 847: 42,8/104,7/ *M-M/R and C-T/L Associations. Late Oligocene-Early Miocene; specimen from Locality B.*

M, *Mutisiapollis viteauensis* (Barreda) Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardio- Mioceno Medio; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 844: 46,6/96,4/ *M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; specimen from Locality B.*

Todas las figuras x 1260/ *All figures x 1260.*

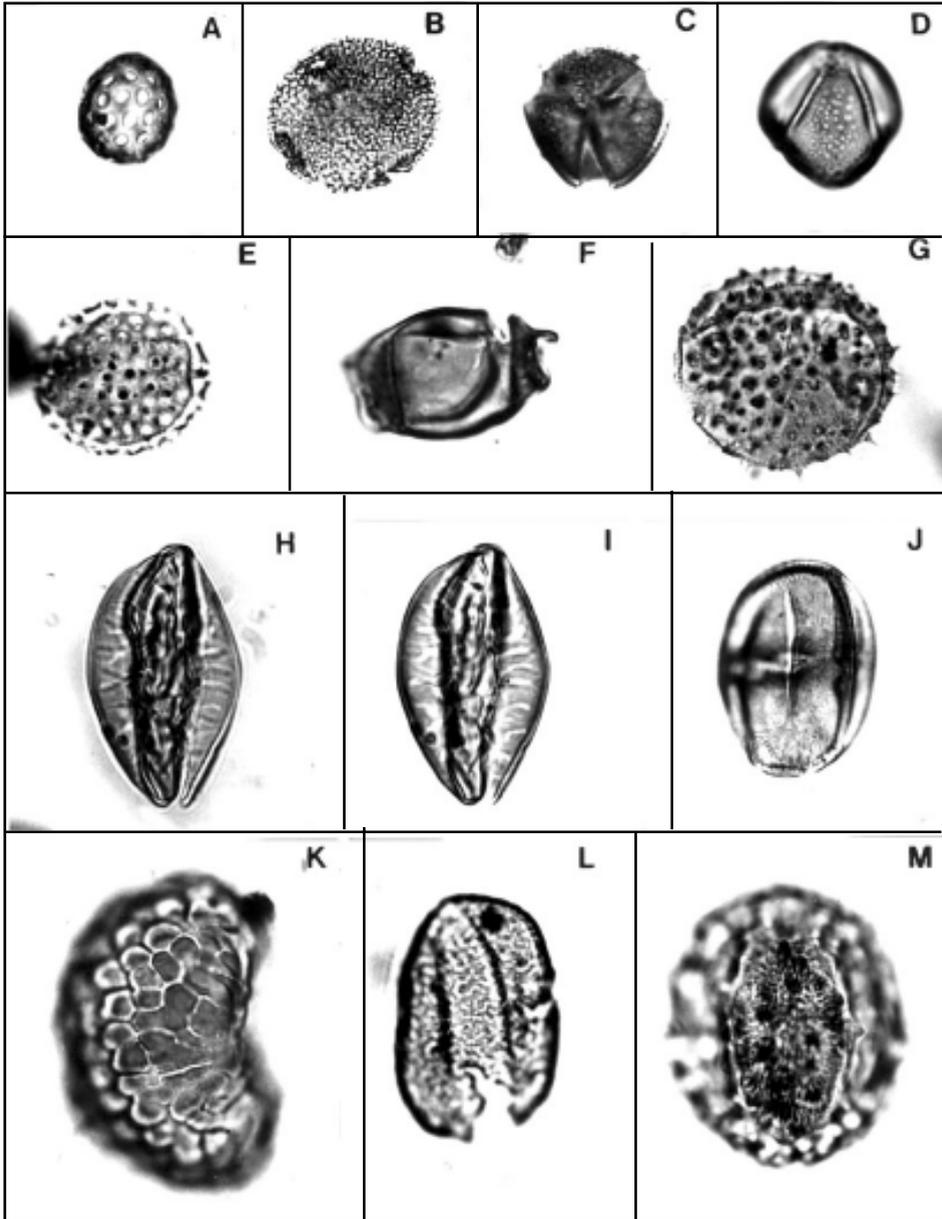


Figura 10.

A-B, *Tubulifloridites antipodica* Cookson. Asociación T-B/H. Mioceno Temprano alto-Mioceno Medio; (ejemplares de Localidad B); **A**, CIRGEO Palin 921: 28,6/95,1; **B**, CIRGEO Palin 921: 41,7/104/*T-B/H Association. Late Early-Middle Miocene; specimens from Locality B.*

C-D, *Striasyncolpites laxus* Mildenhall y Pocknall. Asociación C-T/L. Mioceno Temprano; ejemplar de Localidad Db, CIRGEO Palin 1245: 27,2/108/*C-T/L Association. Early Miocene; specimen from Locality Db.*

E-F, *Tricolpites trioblatus* Mildenhall y Pocknall. Asociaciones C-T/L, G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; (ejemplares de Localidad B); **E**, CIRGEO Palin 921: 27,5/96,2; **F**, CIRGEO Palin 911: 49/106,9/*C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Early through Middle Miocene; specimen from Locality B.*

G-H, *Glencopollis ornatus* Pocknall y Mildenhall. Asociación G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; (ejemplares de Localidad B); **G**, CIRGEO Palin 882: 48,8/109,8; **H**, CIRGEO Palin 947: 39,6/107/*G/C and T-B/H Associations. Early through Middle Miocene; specimens from Locality B.*

I-J, *Baumannipollis chubutensis* Barreda. Asociación T-B/H. Mioceno Temprano alto-Mioceno Medio; (ejemplares de Localidad B); **I**, CIRGEO Palin 958: 40,9/104,8; **J**, CIRGEO Palin 947: 25,5/105/*T-B/H Association. Late Early - Middle Miocene; specimens from Locality B.*

K-L, *Cyperaceapollis neogenicus* Krutzsch. Asociaciones C-T/L, G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; **K**, ejemplar de Localidad Da, CIRGEO Palin 1218: 55,5/107,8; **L**, ejemplar de Localidad Db, CIRGEO Palin 1243: 46/97/*C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Early through Middle Miocene; K, specimen from Locality Da; L, specimen from Locality Db.*

M, *Corsiniipollenites atlantica* Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno tardío alto-Mioceno Medio; ejemplar de Localidad B, CIRGEO Palin 958: 46,7/94,4/*M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Later Oligocene-Middle Miocene; specimen from Locality B.*

Figuras **A-G** y **K-L**, x 1260; figuras **I-J**, x 630/Figures **A-G** and **K-L**, x 1260; figures **I-J**, x 630.

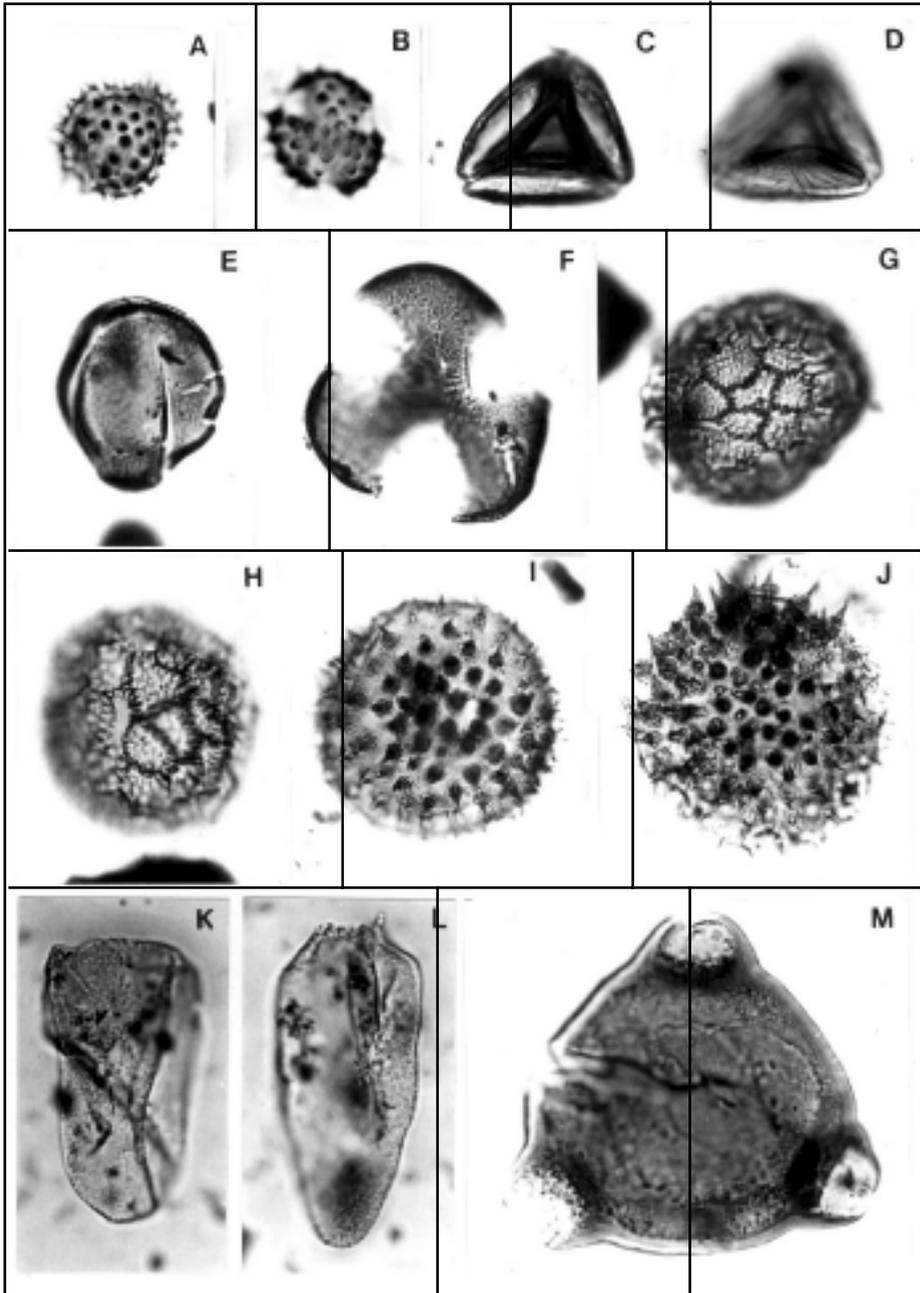


Figura 11

A. *Rhoipites denaguensis* (Dueñas) Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardío-Mioceno Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

B. *Mutisiapollis viteauensis* (Barreda) Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardío-Mioceno Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

C, F. *Tubulifloridites antipodica* Cookson. Asociación T-B/H. Mioceno Temprano alto-Mioceno Medio; fotomicrografías al MEB, (ejemplares de Localidad B)/T-B/H Association. Late Early-Middle Miocene; SEM photomicrographs, (specimens from Locality B).

D. *Malvacipoloides comodoroensis* Barreda. Asociación C-T/L?, G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/C-T/L?, G/C and T-B/H Associations, Early through Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

E. *Glencopollis ornatus* Pocknall y Mildenhall. Asociaciones G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/G/C and T-B/H Associations, Early through Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

G. *Equisetosporites daricristatus* (Shakmundes) Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardío-Mioceno Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

H. *Chenopodipollis chenopodiaceoides* (Martin) Truswell. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardío-Mioceno Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

I. *Tricolpites trioblatus* Mildenhall y Pocknall. Asociaciones C-T/L, G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Early through Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

J. *Arecipites subverrucatus* (Pocknall) Mildenhall y Pocknall. Asociaciones M-M/R y C-T/L. Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/M-M/R and C-T/L Associations. Late Oligocene-Early Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

K. *Corsinipollenites atlantica* Barreda. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardío-Mioceno Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Late Oligocene-Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

L. *Baumannipollis chubutensis* Barreda. Asociación T-B/H. Mioceno Temprano alto-Mioceno Medio; fotomicrografía al MEB, (ejemplar de Localidad B)/T-B/H Association. Late Early-Middle Miocene; SEM photomicrograph, (specimen from Locality B).

Figuras **A, B, C, D, H, I**, x 1800; figura **F**, x 2700; figuras **E, G**, x 1100; figuras **J, L**, x 600; figura **K**, x 850/ *Figures A, B, C, D, H, I*, x 1800; *figure F*, x 2700; *figures E, G*, x 1100; *figures J, L*, x 600; *figure K*, x 850.

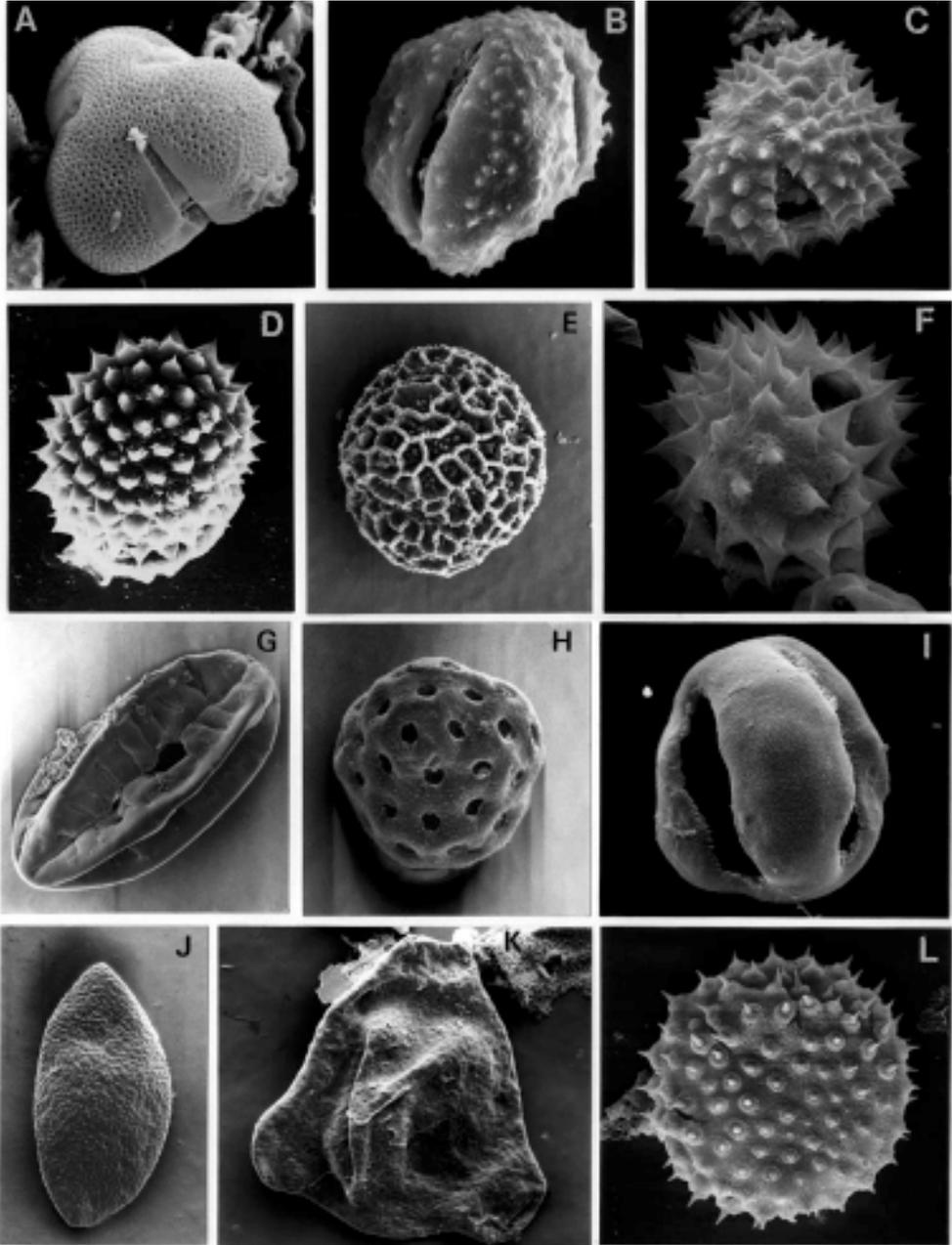


Figura 12

A, *Operculodinium giganteum* Wall. Asociaciones C-T/L y G/C. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C1); fotomicrografía al MEB, x 680 / C-T/L and G/C Associations. Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C1); SEM photomicrographs, x 680.

B, *Melitasphaeridium choanophorum* (Deflandre y Cookson) Harland y Hill. Asociación G/C. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C1); fotomicrografía al MEB, x1500/ G/C Association. Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C1); SEM photomicrograph, x 1500.

C, *Nematosphaeropsis lenniscata* Bujak. Asociaciones C-T/L y G/C. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C1); fotomicrografía al MEB, x 1360/ C-T/L and G/C Associations. Early Miocene; (specimen from locality A, sample C1); SEM photomicrograph, x 1360.

D, *Nematosphaeropsis rigida* Wrenn. Asociaciones C-T/L y G/C. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C1); fotomicrografía al MEB, x 1000/ C-T/L and G/C Associations. Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C1); SEM photomicrograph, x 1000.

E, F, *Melitasphaeridium* sp. Asociación C-T/L. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C4); fotomicrografía al MEB, **E**, x1300; **F**, detalle de proceso, x 4500/ C-T/L Association. Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C4); SEM photomicrographs, **E**, x 1300; **F**, detail of a process, x 4500.

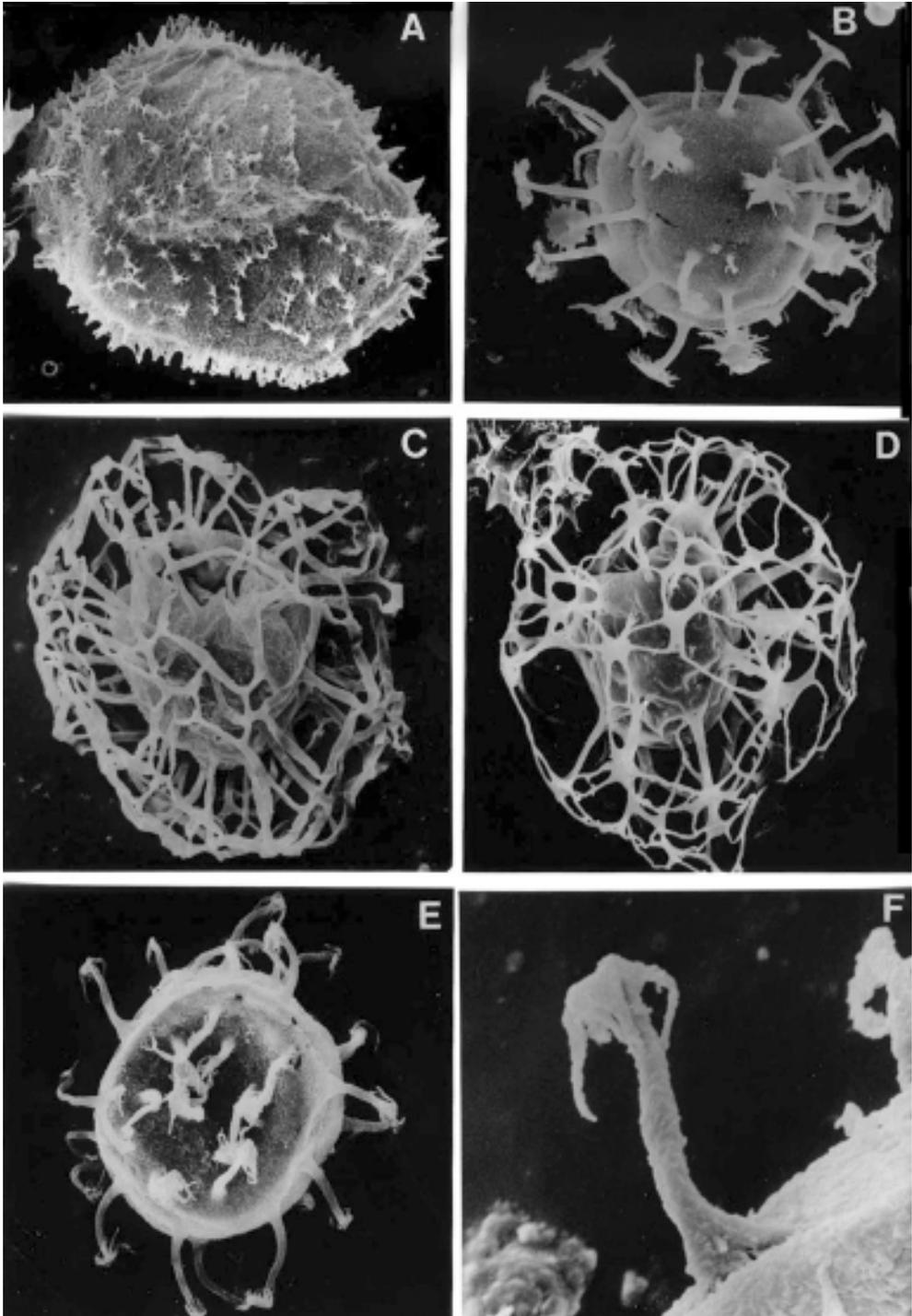


Figura 13

A, D, F, J, *Lingulodinium hemicystum* Mc Minn. Asociaciones C-T/L y G/C. Mioceno Temprano/ C-T/L and G/C Associations. *Early Miocene*; **A**, ejemplar mostrando el hemiquiste; (Localidad B), CIRGEO Palin 834: 34,6/107,8 (OL), x 750./ *specimen showing the hemicyst*; (Locality B); **D, F**, ejemplar en dos enfoques mostrando el arqueopilo epicistal en enfoque alto y el hemiquiste en enfoque bajo; (Localidad A, muestra C1), Prep.SP Dn 2: 40,4/95,4 (OP), x 740/ *Specimen showing the hemicystal archeopyle in high focus and the hemicyst in low focus*. (Locality A, sample C1); **J**, Fotomicrografía al MEB; (Localidad B), x 700/ *SEM photomicrograph*, (Locality B).

B, E, C, *Cannosphaeropsis utinensis* Wetzel. Asociación G/C. Mioceno Temprano/ G/C Association. *Early Miocene*; **B, E**, (ejemplares de Localidad A, muestra C1), Prep. SP Dn 3: 52,3/100,4 (OP), x 590/ (*specimens from Locality A, sample C1*); **C**, fotomicrografía al MEB; (Localidad A, muestra C1), x 980/ *SEM photomicrograph*, (Locality A, sample C1).

G, H, I, ?*Reticulatosphaera actinocoronata* (Benedek) Bujak y Matsuoka. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardío - Mioceno Medio/ M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H. *Late Oligocene - Middle Miocene*; **G**, foco sobre la expansión distal de los procesos; (ejemplar de Localidad A, muestra C1), Prep. SP Dn 3: 54,9/107,5 (OP), x 750/ *Focus on process distal expansions*; (*specimen from locality A, Sample C1*); **H**, (ejemplar de Localidad B, muestra 7B), CIRGEO Palin 952: 52/107,3 (OP), x 750/ (*specimen from Locality B, sample 7B*); **I**- Fotomicrografía al MEB; (ejemplar de Localidad A, muestra C2), x120./ *SEM photomicrograph*, (*specimen from Locality A, sample C2*).

K, L, *Hystriosphraeropsis obscura* Habib. Asociación T-B/H. Mioceno Temprano alto-Mioceno Medio/ T-B/H Association. *Late Early-Middle Miocene*; **K**, enfoque superior dorsal; (ejemplar de Localidad B, muestra 7B), CIRGEO Palin 952: 33/101 (OP) x 740/ *High focus on dorsal surface*; (*specimen from Locality B, sample 7B*); **L**, Mismo ejemplar, corte óptico./ *Same specimen, optical section*.

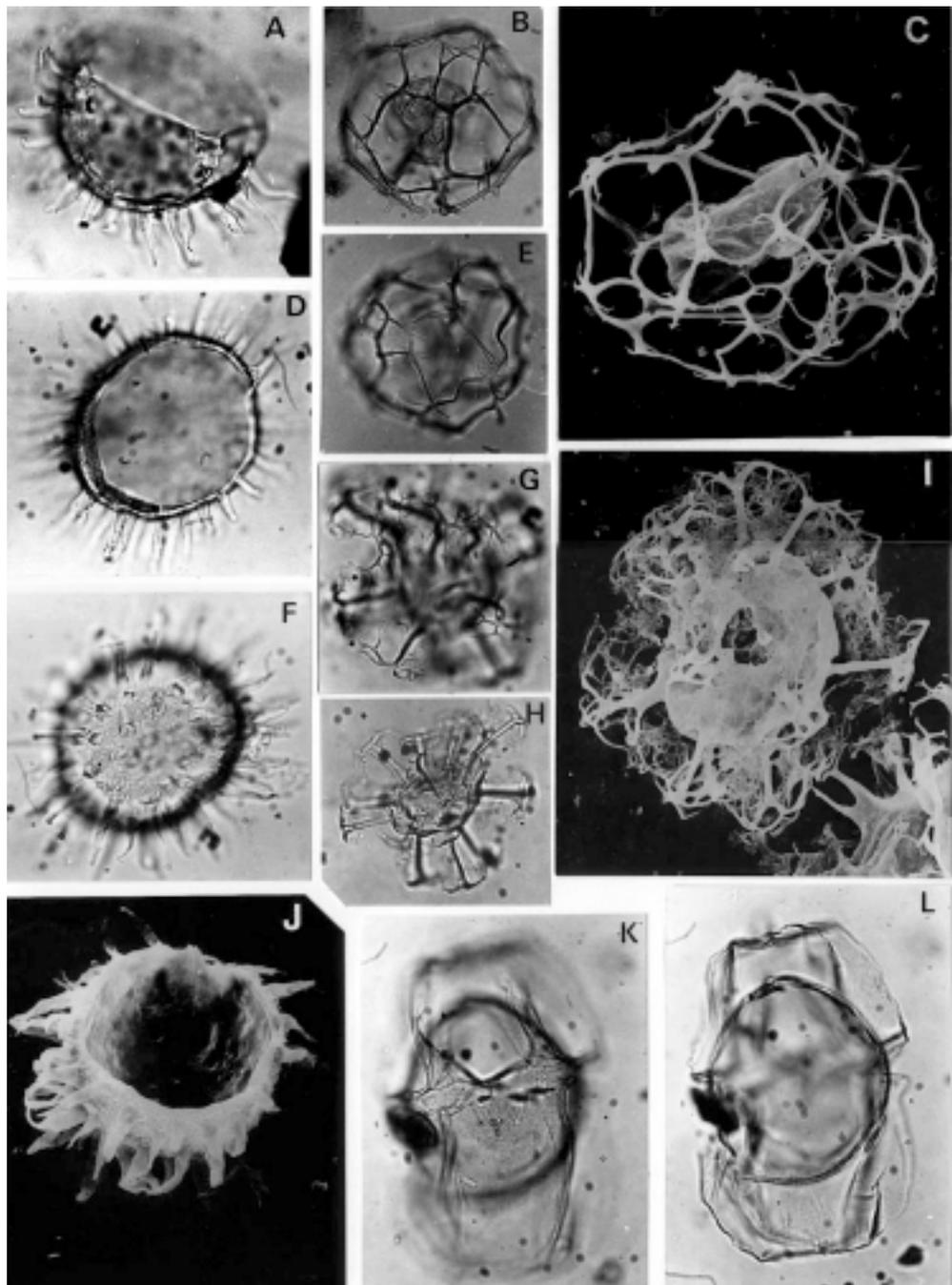


Figura 14

- A**, *Lajeuncysta pulchra* Biffi y Grignani. Asociación M-M/R. Oligoceno Tardío (ejemplar de localidad C), CIRGEO Palin 1190: 55,5/97,3 (OL), x 430/*M-M/R Association. Late Oligocene; (specimen from Locality C).*
- B**, *Deflandrea* sp. cf. *D. phosphorítica* Eisenack. Asociación M-M/R. Entorno Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, Muestra C8), Prep SP Dn 20: 41,9/99 (OP) x 450/*M-M/R Association. Late Oligocene – Early Miocene transition. (specimen from Locality A, sample C8).*
- C**, *Pentadinium laticinctum* Gerlach. Asociación M-M/R. Entorno Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C8), Prep. SP Dn 20: 48,7/99,6 (OP), x 590/*M-M/R Association. Later Oligocene – Early Miocene transition; (specimen from Locality A, sample C8).*
- D**, *Sumatradinium* sp. Asociación C-T/L. Mioceno Temprano; (ejemplar Localidad Db), CIRGEO Palin 1242: 27,1/94,4 (OL), x 430/*C-T/L Association. Early Miocene; (specimen from Locality Db).*
- E**, *Deflandrea* sp. cf. *D. heterophlycta* Deflandre y Cookson. Asociación M-M/R. Entorno Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C8), Prep. SP Dn 20: 39,9/99,3 (OP), x 450/*Lower Association, Late Oligocene – Early Miocene transition, (specimen from Locality A, sample C8).*
- I**, *Brigantedinium* sp. Asociaciones M-M/R, C-T/L y G/C. Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad C), CIRGEO Palin 1190: 34,6/95,5 (OL), x 430/*M-M/R, C-T/L y G/C Associations. Late Oligocene – Early Miocene; (specimen from Locality C).*
- F**, *Deflandrea* sp. Asociación M-M/R. Entorno Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano. (ejemplar de Localidad A, muestra C8), Prep. SP Dn 20: 41,6/108,4 (OP), x 590/*M-M/R Association. Later Oligocene – Early Miocene transition; (specimen from Locality A, sample C8).*
- G**, *Palaecostodinium golzowense* Alberti. Asociación C-T/L y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; (ejemplar de Localidad B, muestra 7B), CIRGEO Palin 952: 50/93,1, x 450/*C-T/L and T-B/H Associations. Early and Middle Miocene; (specimen from locality B, sample 7B).*
- H**, *Selenopemphix nephroides* Benedek. Asociación C-T/L. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad Db), CIRGEO Palin 1242: 40,7/102,7 (OL), x 430/*C-T/L Association. Early Miocene; (specimen from Locality Db).*
- J**, *Systematophora placacantha* (Deflandre y Cookson) Davey *et al.* Asociaciones C-T/L, G/C y T-B/H. Mioceno Temprano-Medio; (ejemplar de Localidad B, muestra 9B), CIRGEO Palin 954: 29,3/103,2 (OP), x 740/*C-T/L, G/C and T-B/H Associations. Early through Middle Miocene. (specimen from Locality B, sample 9B).*
- K**, *Distatodinium paradoxus* (Brosius) Eaton. Asociación C-T/L. Mioceno Temprano. (ejemplar de Localidad A, muestra C5), Prep.SP Dn 12: 29,3/100,2 (OP), x 740/*C-T/L Association. Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C5).*

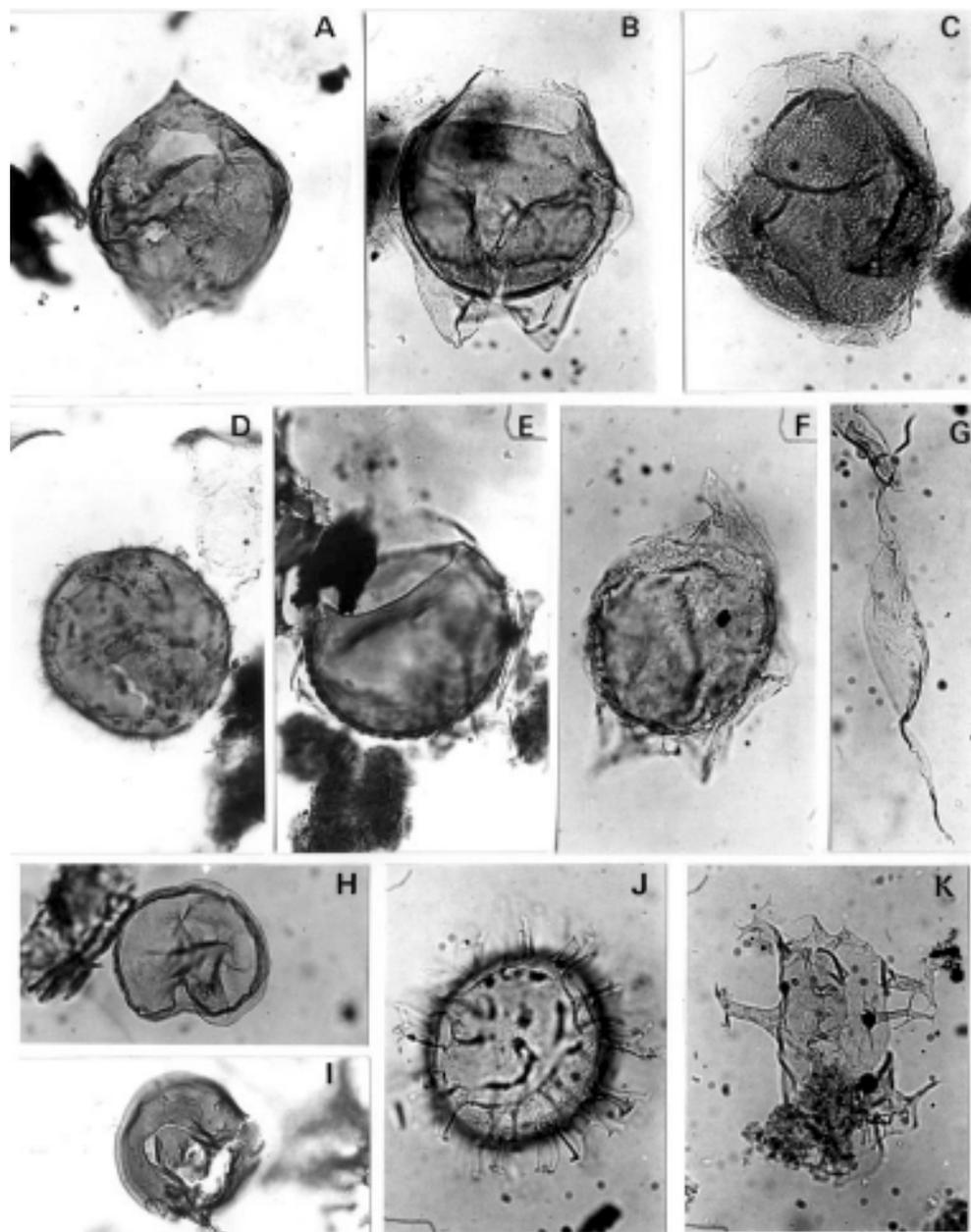
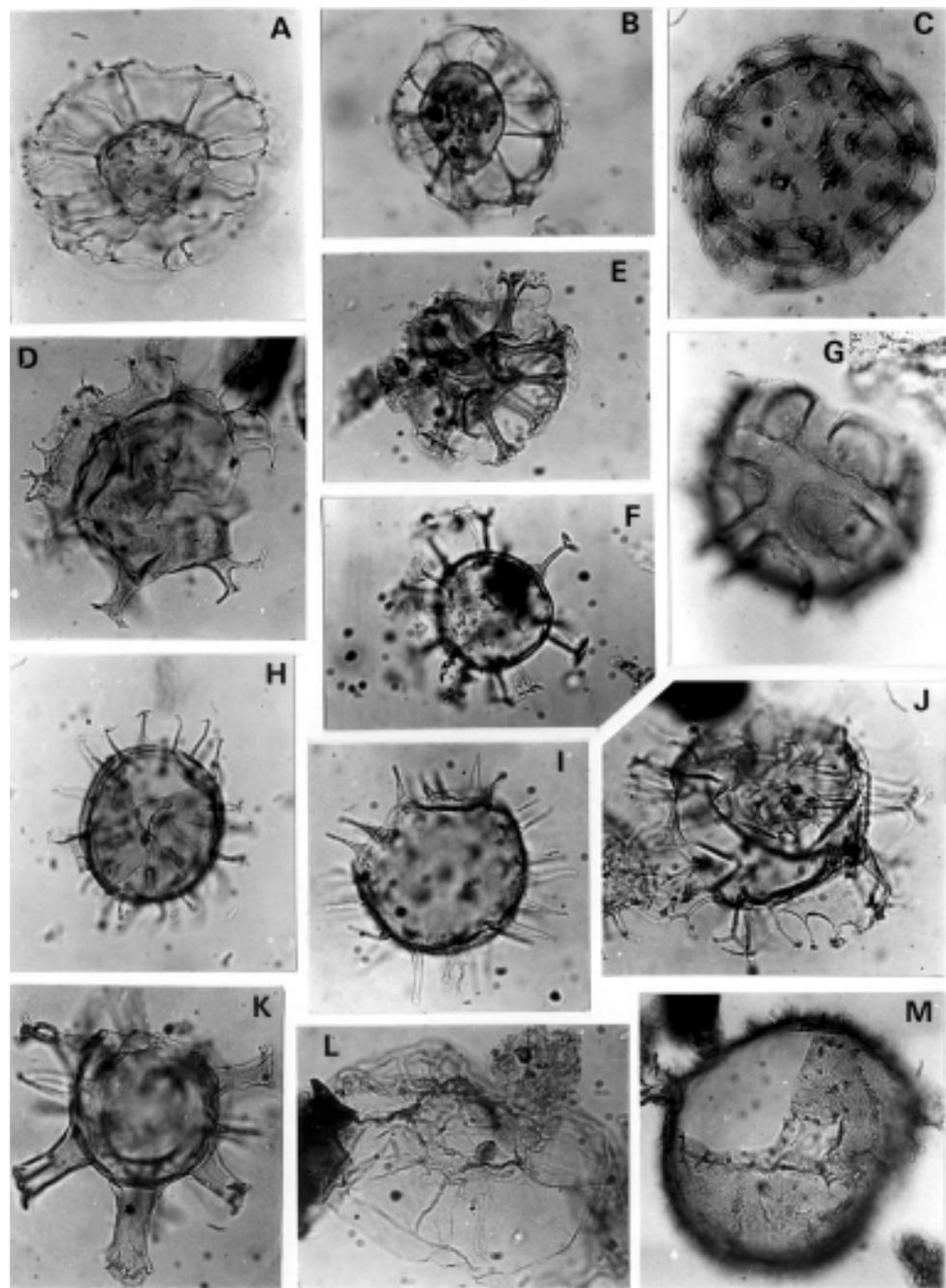


Figura 15

- A**, *Nematosphaeropsis lemniscata* Bujak. Asociaciones C-T/L y G/C. Mioceno Temprano. (ejemplar de Localidad A, Muestra C1), Prep. SP Dn 3: 47,8/104,7 (OP), x 740/ C-T/L and G/C Associations. *Early Miocene (specimen from Locality A, sample C1)*.
- B**, *Nematosphaeropsis rigida* Wrenn. Asociaciones C-T/L y G/C. Mioceno Temprano. (ejemplar de Localidad Db), CIRGEO Palin 1242: 35,9/105,9 (OL), x 430/ C-T/L and G/C Associations. *Early Miocene; (specimen from Locality Db)*.
- C**, *Tuberculodinium vancampoe* (Rossignol) Wall. Asociaciones M-M/R, C-T/L, G/C y T-B/H. Oligoceno Tardío-Mioceno Medio; (ejemplar de localidad B, Muestra. 6B), CIRGEO Palin 947: 27,6/93,2 (OP), x 290/ M-M/R, C-T/L, G/C and T-B/H Associations. *Later Oligocene-Middle Miocene; (specimen from Locality B, sample 6B)*.
- D**, *Hystriochostrogylon* sp. Asociaciones G/C y T-B/H; (ejemplar de Localidad A, muestra C1), Prep.SP Dn 3: 47,6/100,5 (OP), x 590/ G/C and T-B/H Associations. *Early through Middle Miocene; (specimen from Locality A, sample C1)*.
- E**, *Cordosphaeridium* sp. cf. *C. cantharellus* (Brosius) Gocht. Asociación M-M/R. Entorno Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C8), Prep. SP Dn 20: 31,7/98,8 (OP), x 740/ M-M/R Association. *Later Oligocene – Early Miocene transition; (specimen from Locality A, sample C8)*.
- F**, *Melitasphaeridium choanophorum* (Deflandre y Cookson) Harland y Hill. Asociaciones G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; (ejemplar de Localidad A, muestra C1), Prep.SP Dn 3: 40,5/111 (OP), x 740/ G/C and T-B/H Associations. *Early through Middle Miocene; (specimen from Locality A, sample C1)*.
- G**, *Schematophora* sp. Asociación C-T/L. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C1), Prep. SP Dn 3: 31,9/97,7 (OP), x 590/ C-T/L Association. *Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C1)*.
- H**, *Melitasphaeridium* sp. Asociación C-T/L. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C1), Prep. SP Dn 3: 46,7/103,8 (OP), x 740/ C-T/L Association. *Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C1)*.
- I**, *Dapsilidinium pseudocolligerum* (Stover) Bujak *et al.* Asociaciones C-T/L, G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; (ejemplar de Localidad B, muestra 9B), CIRGEO Palin 954: 31/100,3 (OP), x 740/ C-T/L, G/C and T-B/H Associations. *Early through Middle Miocene; (specimen from Locality B, sample 9B)*.
- J**, *Spiniferites mirabilis* (Rossignol) Sarjeant. Asociaciones C-T/L, G/C y T-B/H. Mioceno Temprano a Medio; (ejemplar de Localidad B, muestra 10B), CIRGEO Palin 956: 45,5/94,2 (OP), x 740/ C-T/L, G/C and T-B/H Associations. *Early through Middle Miocene; (specimen from Locality B, sample 10B)*.
- K**, *Hystriocholpoma rigaudiae* Deflandre y Cookson. Asociaciones C-T/L y G/C. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C 5), Prep.SP Dn 12: 29,6/ 103,6 (OP), x 590/ C-T/L and G/C Associations. *Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C5)*.
- L**, *Saturnodinium* sp. Asociación C-T/L. Entorno Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C8), Prep. SP Dn 20: 46,5/108,8 (OP), x 590/ C-T/L Association. *Later Oligocene- Early Miocene transition; (specimen from Locality A, sample C8)*.
- M**, *Operculodinium giganteum* Wall. Asociación G/C. Mioceno Temprano; (ejemplar de Localidad A, muestra C1), Prep SP Dn 2: 44,7/ 99,3 (OP), x 370/ G/C Association. *Early Miocene; (specimen from Locality A, sample C1)*.



Bibliografía

- Alberti, G. 1961. Zur Kenntnis mesozoischer und alttertiärer Dinoflagellaten und Hystrichosphaerideen von Nord- und Mitteldeutschland sowie einigen anderen europäischen Gebieten. *Palaeontographica* 116: 1-58.
- Archangelsky, S., 1996. Palinoestratigrafía de la plataforma continental. En: Ramos, V. A. y Turic, M.A. (eds.). *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina. 13° Congreso Geológico argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*. (Buenos Aires), *Relatorio* 4: 67-72.
- Barreda, V.D. 1993. Late Oligocene?-Miocene pollen of the families Compositae, Malvaceae and Polygonaceae from the Chenque Formation, Golfo San Jorge Basin, southeastern Argentina. *Palynology* 17: 169-186.
- Barreda, V.D. 1996. Bioestratigrafía de polen y esporas de la Formación Chenque, Oligoceno tardío?-Mioceno de las provincias de Chubut y Santa Cruz, Patagonia, Argentina. *Ameghiniana* 33: 35-56.
- Barreda, V.D. y Palamarczuk, S. 2000a. Palinoestratigrafía del Oligoceno tardío-Mioceno, en el área sur del Golfo San Jorge, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 37: 103-117.
- Barreda, V.D. y Palamarczuk, S. 2000b. Palinomorfos continentales y marinos de la Formación Monte León en su área tipo, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 37: 3-12.
- Becker, D. 1964. Micropaleontología del Superpatagoniense de las localidades Las Cuevas y Monte Entrance (provincia de Santa Cruz). *Ameghiniana* 3: 319-351.
- Becker, D. y Bertels, A. 1980. Micropaleontología de la secuencia terciaria de la perforación Puelche (margen continental argentino). *2° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1° Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires, 1978), *Actas* 2: 315-333.
- Bellosi, E. 1990. Formación Chenque: registro de la transgresión patagoniana en la cuenca San Jorge. *11° Congreso Geológico Argentino* (San Juan), *Actas* 2: 57-60.
- Bellosi, E. 1995. Paleogeografía y cambios ambientales de la Patagonia central durante el Terciario medio. *Boletín de Informaciones Petroleras* 44: 50-83.
- Bertels, A. 1970. Sobre el "Piso Patagoniano" y la representación de la época del Oligoceno en Patagonia Austral. República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 495-501.
- Bertels, A. 1975. Bioestratigrafía del Paleógeno en la República Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 7: 426-450.
- Bertels, A. 1978. Estratigrafía y foraminíferos (Protozoa) bentónicos de la Formación Monte León (Oligoceno) en su área tipo, provincia de Santa Cruz, República Argentina. *2° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1° Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires), *Actas* 2: 213-273.
- Biffi, U. y Manum, S.B. 1988. Late Eocene-Early Miocene dinoflagellate cyst stratigraphy from the Marche Region (Central Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 27: 163-212.
- Brinkhuis, H., Powell, J. y Levenboom, D. 1992. High resolution dinoflagellate cyst stratigraphy of the Oligocene-Miocene transition interval in Northwest and central Italy. En: M. Head and J.H. Wren (eds.), *Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts and acritarchs*, Dallas, *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*, pp. 219-258.
- Camacho, H.H. 1974. Bioestratigrafía de las formaciones marinas del Eoceno y Oligoceno de la Patagonia. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 26: 39-57.
- Camacho, H.H. y Fernández, J.A. 1956. La transgresión patagoniense en la costa atlántica entre Comodoro Rivadavia y el curso inferior del río Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 9: 23-45.
- Cione, A. y Expósito E. 1978. Condrichthyes (Pisces) del "Patagoniano" s.l. de Astra, Golfo de San Jorge, provincia de Chubut, Argentina. Su significación paleoclimática y paleobiogeográfica. *2° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1° Congreso Latinoamericano de Paleontología* (Buenos Aires), *Actas* 2: 275-290.
- Deflandre G. y Cookson, I. 1955. Fossil Microplankton from Australian Late Mesozoic and Tertiary sediments. *Australian Journal of freshwater Research* 6: 242-313.
- Feagle, J.G., Bown, T.M., Swisher, C. y Buckley, G. 1995. Age of the Pinturas and Santa Cruz Formation. *6° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, (Trelew), *Actas*: 129-135.
- Feruglio, E. 1949. *Descripción geológica de la Patagonia*, 2: 1- 545.
- Frenguelli, J. 1929. Descripción de algunos perfiles de la zona petrolífera de Comodoro Rivadavia. *Boletín de Informaciones Petroleras* 59: 575-605.
- Gamero, J.C. y Archangelsky, S. 1981. Palinozonas Neocretácicas y Terciarias de la plataforma continental argentina en la Cuenca del Colorado. *Revista Española de Micropaleontología* 13: 119-140.
- Guerstein, G.R. 1990a. Palinología estratigráfica del Terciario de la cuenca del Colorado. República Argentina. Parte II: especies marinas de la perforación Nadir N° 1. *Revista Española de Micropaleontología* 22: 167-182.
- Guerstein, G.R. 1990b. Palinología estratigráfica del Terciario de la cuenca del Colorado, República Argentina. Parte III: Estudio sistemático y estadístico de la perforación Puerto Belgrano N° 20. *Revista Española de Micropaleontología* 22: 459-480.
- Guerstein, G.R. y Guler, M.V. 2000. Bioestratigrafía basada en quistes de dinoflagelados del Eoceno-Mioceno del pozo (YPF) Ombucta x-1, cuenca del Colorado, Argentina. *Ameghiniana* 37: 81-90.

- Guerstein, G.R. y Quattrocchio, M.E. 1988. Palinozonas e interpretación estratigráfica mediante análisis de agrupamiento del Terciario de la Cuenca del Colorado, República Argentina. *2º Jornadas Geológicas Bonaerenses* (Bahía Blanca). Actas 1: 27-35.
- Hatcher, J.B. 1897. Geology of Southern Patagonia. *American Journal of Science* 4: 327-354.
- Head, M.J. 1993. A forum on Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts. *Palynology* 17: 201-239.
- Ihering, H. von 1902. Historia de las ostras argentinas. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural*, Buenos Aires, 2: 109-125.
- Kramarz, A. 1998. La fauna de roedores de la Formación Pinturas, Mioceno Medio inferior de la provincia de Santa Cruz. *7º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Bahía Blanca). *Resúmenes*: 67.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1994. Asociaciones de fósiles y hiatus en el Supracretácico-Neógeno de Patagonia: Una perspectiva estratigráfico-secuencial. *Ameghiniana* 31: 257-282.
- Malumián, N. 1970. Bioestratigrafía del Terciario marino del subsuelo de la provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana* 7: 173-204.
- Malumián, N. 1972. Foraminíferos del Oligoceno y Mioceno del subsuelo de la provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana* 9: 97-137.
- Malumián, N. y Nájuez, C. 1988. Asociaciones de foraminíferos del Terciario medio de la cuenca Austral: sus relaciones con eventos eustáticos globales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43: 257-264.
- Malumián, N. y Nájuez, C. 1991. Paleogeografía del Terciario medio del cono sur: avance de aguas antárticas. *6º Congreso Geológico Chileno* (Santiago), *Resúmenes expandidos*: 847-851.
- Malumián, N. y Nájuez, C. 1998. El género *Transversigerina* y la edad de la transgresión patagoniana. *10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica* (Buenos Aires), *Actas* 1: 285-290.
- Malumián, N., Nájuez, C. y Jannou, G. 1998. La Formación Elvira en su localidad tipo. Cuenca del Colorado. Foraminíferos y edad. *10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica* (Buenos Aires) *Actas* 1: 114-119.
- Malumián, N., Suriano, J.M. y Cobos, J.C. 1998b. La Formación Barranca Final en su localidad tipo, Mioceno, cuenca del Colorado. *10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica* (Buenos Aires), *Actas* 1: 125-130.
- Martin, H.A. 1991. Dinoflagellate and spore pollen biostratigraphy of the S.A.D.M.E. MC63 bore, western Murray Basin. *Alcheringa* 15: 107-144.
- Mildenhall, D.C. y Pocknall, D.T. 1989. Miocene-Pleistocene spores and pollen from Central Otago, South Island, New Zealand. *New Zealand Geological Survey, Paleontological Bulletin* 59: 1-128.
- Nájuez, C. 1990. Foraminíferos y bioestratigrafía del Terciario medio de Santa Cruz oriental. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43: 493-517.
- Ortmann, A. 1900. Sinopsis of the collections of invertebrate fossils made by the Princeton Expedition to Southern Patagonia. *American Journal of Science* 4: 368-381.
- Ottone, E.G., Barreda, V.D. y Pérez, D.J. 1998. Basin evolution as reflected by Miocene palynomorphs from the Chinchas Formation, Frontal Cordillera (32° S), San Juan Province, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 30: 35-47.
- Palamarczuk, S. y Barreda, V. 1998. Bioestratigrafía en base a quistes de dinoflagelados de la Formación Chenque (Mioceno), provincia del Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 35: 415-426.
- Palamarczuk, S. y Barreda, V. 2000. Palinología del Paleógeno tardío-Neógeno temprano, pozo Aries x-1, plataforma continental argentina, Tierra del Fuego. *Ameghiniana* 37: 221-234
- Palamarczuk, S. y Olivero, E. 2000. Asociaciones de dinoflagelados del Cretácico Superior-Paleógeno en el área del Río Bueno, costa atlántica de la isla Grande de Tierra del Fuego. *11º Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología* (Tucumán), *Resúmenes* (en prensa).
- Parma, S.G. 1985. *Eoscutella* Grant y Hertlein (Echinodermata: Clypeasteroidea) en el Patagoniano (Terciario Inferior) de la Provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 37: 23-49.
- Parma, S.G. 1989. El género *Platipygus* (Echinoidea: Cassiduloidea) en el Terciario de la Provincia de Santa Cruz, República Argentina. *Ameghiniana* 25: 213-224.
- Quattrocchio, M., Guerstein, G.R. y Sbardellati, M.S. 1986. Neogene dinoflagellate cysts from the Colorado Basin, Argentina. En: Wrenn, J.; Duffield, S. y Stein, J.A. (eds.). *First Symposium on Neogene dinoflagellate cyst biostratigraphy* (New York). *American Association of Stratigraphic Palynologists, Contributions Series* 17: 151-157.
- Strong, C. P., Hollis, C. J. y Wilson, G. 1995. Foraminiferal, radiolarian, and dinoflagellate biostratigraphy of Late Cretaceous to Middle Eocene pelagic sediments (Muzzle Group), Mead Stream, Marlborough, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 38: 171-212.
- Tauber, A. 1997. Paleocología de la Formación Santa Cruz (Mioceno Inferior) en el extremo sudoeste de la Patagonia. *Ameghiniana* 34: 517-529.
- Vucetich, M.G. 1994. La fauna de roedores de la Formación Cerro Boleadoras (Mioceno Inferior?) en la provincia de Santa Cruz (Argentina). *Acta Geológica Leopoldensia* 39: 365-374.
- Wichmann, R. 1918. Estudios geológicos e hidrogeológicos en la región comprendida entre la boca del río Negro, San Antonio Oeste y Choele Choel. *Ministerio de Agricultura de la Nación, Dirección Nacional de Geología y Minería, Anales*, 13: 9-41.

- Wilson, G.J. 1988. Paleocene and Eocene dinoflagellate cysts from Waipawa, Hawkes Bay, New Zealand. *New Zealand Geological Survey. Paleontological Bulletin* 57: 1-96.
- Windhausen, A. 1924. Líneas generales de la constitución geológica de la región situada al oeste del Golfo de San Jorge. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba*, 27: 1-320.

Recibido: 30 de junio de 2000

Aceptado: 1 de noviembre de 2000

La Formación Paraná: aspectos estratigráficos y estructurales de la región chacoparanense

César A. FERNÁNDEZ GARRASINO¹ y Ana V. VRBA¹

Abstract. - THE PARANÁ FORMATION: STRATIGRAPHIC AND STRUCTURAL ASPECTS OF THE CHACOPARANENSE REGION. Parana Formation (Middle Miocene-Lower Pliocene, maximum thickness about 200-250 m.) represents the youngest tertiary marine transgression-regression record of the Argentine Chacoparana Basin. At western parts of the Province of Chaco, Paraná Formation is absent. It would be laterally replaced by continental accumulations added without differentiation to the uppermost sections of Chaco Formation. This latter unit is a continental alluvial record normally lying between maastrichtian-paleocene shallow marine and littoral deposits of Mariano Boedo Formation, and similar mio-pliocene sedimentites of Paraná Formation. At the major part of the Province of Entre Ríos, structural contours of the top of the basaltic succession of Serra Geral Formation (Neojurassic-Eocretaceous) clearly differentiate the Asuncion and Rio de la Plata Highs, and the "Eastern plateau". These three tectonic features would have controlled the mesopotamian distribution of Paraná Formation and its proximal facies.

Key Words: Chacoparana Basin, tectonic features, Paraná Formation

Palabras Clave: Cuenca Chacoparanense, estructuras, Formación Paraná

Introducción

La Formación Paraná constituye en principal depósito marino del Neógeno que se localiza en la región chacoparanense de Argentina. La amplia distribución de estos sedimentos ha sido definida mediante numerosas perforaciones que permitieron determinar sus caracteres fundamentales en toda esta amplia cubeta sedimentaria. Su extensión septentrional se ha registrado en el subsuelo central, y oriental del Chaco, en según espesores que varían de pocas decenas de metros hasta unos 200-250 m., de acuerdo con las curvas isopáquicas propuestas por Russo *et al.* (1979). También reconocida fue en el SE de Formosa, mediante las perforaciones YPF Mariano Boedo 1, e YPF Pirané 1; mientras sus registros australes se corresponden con los pozos mar afuera en la Cuenca del Salado. Las características de esta unidad son descriptas en la presente obra por otros autores, motivo por el cual no se abundará en ella, dedicando el presente trabajo a estudiar las rocas que le sirven de sustrato.

Se hace notar que esta contribución fue realizada en el marco de los proyectos TY00 UBACYT de la Universidad de Buenos Aires, y PIPN°4161/96 del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

¹ Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, (1428) Buenos Aires. E-mail: garrasin@gl.fcen.uba.ar; cgarras@infovia.com.ar. Tel-fax: 054 011 4576 3329

Aspectos estratigráficos de unidades que sirven de base a la Formación Paraná

a) Formación Chaco: Para tratar el tema, es necesario hacer previa referencia a la Formación Chaco (Russo *et al.*, 1979). El término “Chaco”, como nomenclatura estratigráfica, fue introducido en la literatura especializada por Schlagintweit (in Fossa Mancini, 1938), quien aludió al “Grupo Chaco” para tratar espesas acumulaciones terciarias continentales de la Cordillera Oriental argentina. Pero el mismo parece no corresponder al significado y alcances presente del nombre “Formación Chaco”, según referencias explícitas, restringidas al subsuelo de las llanuras orientales del norte del país. Tampoco la actual Formación Chaco estaría representada por los llamados “Estratos del Chaco”, señalados por Arigós y Vilela (1949) para las Sierras Subandinas salteñas. De acuerdo con información y nomenclatura de YPF (1960), procedentes del subsuelo del Chaco salteño más septentrional, Mingramm y Russo (1972) mencionaron a la Formación Chaco para aludir a sucesiones continentales eocenas-pliocenas.

Padula (1972), en su contribución sobre la Mesopotamia y adyacencias, tuvo presente a la Formación Chaco del Terciario continental del subsuelo de Guaviraví, en el oriente correntino. Finalmente, Russo *et al.* (1979) concedieron suficiente validez formal a esta unidad litoestratigráfica, al expresar que “...El nombre es habitualmente utilizado en los informes internos de YPF para referirse a las areniscas y pelitas, de colores rojizos y morados, comprendidas entre las Formaciones Mariano Boedo y Paraná y, cuándo esta última está ausente, entre las Formaciones Mariano Boedo y Pampa. Pese a que la denominación de Formación Chaco se utiliza con frecuencia, aun no ha sido definida conforme a las normas estratigráficas actualmente en uso. Por lo tanto, se aprovecha esta oportunidad para efectuar su diagnosis y formalizarla...”. Los autores no definieron un holoestratotipo para ella, pero le reconocieron igual posición estratigráfica relativa que la otorgada en los gráficos de correlación presentados por Padula y Mingramm (1968). A la fecha, la Formación Chaco gozaría de aceptable identificación estratigráfica; según los requerimientos del Código Argentino de Estratigrafía (Comité Argentino de Estratigrafía, 1992), sólo faltaría establecer un lectoestratotipo para ella, el cual podría corresponder a la sección más representativa de la misma, atravesada por alguno de los pozos siguientes, todos perforados en la provincia homónima: YPF El Desierto 1, YPF Gancedo 1, YPF Charata 1, YPF Las Breñas 1, YPF Las Breñas 2, e YPF Las Breñas Oriental 1. Las nominaciones “Grupo Chaco” (sensu Schlagintweit, in Fossa Mancini, 1938), y “Estratos del Chaco” (sensu Arigós y Vilela, 1949) han caído en desuso.

Según el concepto definitorio más restringido, la Formación Chaco reúne al conjunto, por ahora indiviso, de acumulaciones continentales terciarias chacoparanenses, comprendidas entre infrapuestas sedimentitas marinas someras y litorales, estimadas maastrichtianas-paleocenas (Formación Mariano Boedo, Mingramm, 1965), y sobreyacentes depósitos miocenos medios-pliocenos, también marinos someros y litorales (Formación Paraná). Tal posición estratigráfica ubica a la Formación Chaco en el intervalo Eoceno-Mioceno, según criterio amplio, o Eoceno superior-Mioceno inferior, con más precisión (Fernández Garrasino, 1998). Asimismo, la última unidad nombrada resulta correlacionable con las sucesiones continentales de la Formación Fray Bentos (en Uruguay, Goso, 1965, in Preciozzi Porta *et al.*, 1985; en Argentina, Herbst, 1971; Limo rojizo semejante al Pampeano, Darwin, 1839, 1846, in Preciozzi Porta *et al.*, 1985; Horizonte Castillense, Podestá, 1899, in Herbst *et al.*, 1985; Estratos de Punta Gorda, Walther, 1919; Loess infrapampeano cretácico, Roth, 1921; Formación Araucana, Kraglievich, 1928; Formación Araucana Loesoide, Terreno Loesoide Araucano, von Huene, 1929; Tosca Tercia-

ria, Tosca Parda Prepampeana, Frenguelli, 1930; Estratos Palmirenses, Piso Palmirenses, Piso Santaluciense, Limo Palmirenses, Kraglievich, 1932; Capas de Fray Bentos, Lambert, 1940; Estratos de Fray Bentos, Coco, 1948, in Tofalo, 1986; Terciario Antiguo, Serie de Fray Bentos, varios autores, Ejército Argentino, Comando de Ingenieros, 1948 a 1953, in Herbst, 1971, Herbst *et al.*, 1985; Calcáreos de Curuzú, Capas de Fray Bentos, Martínez, 1950, in Herbst *et al.*, 1985;

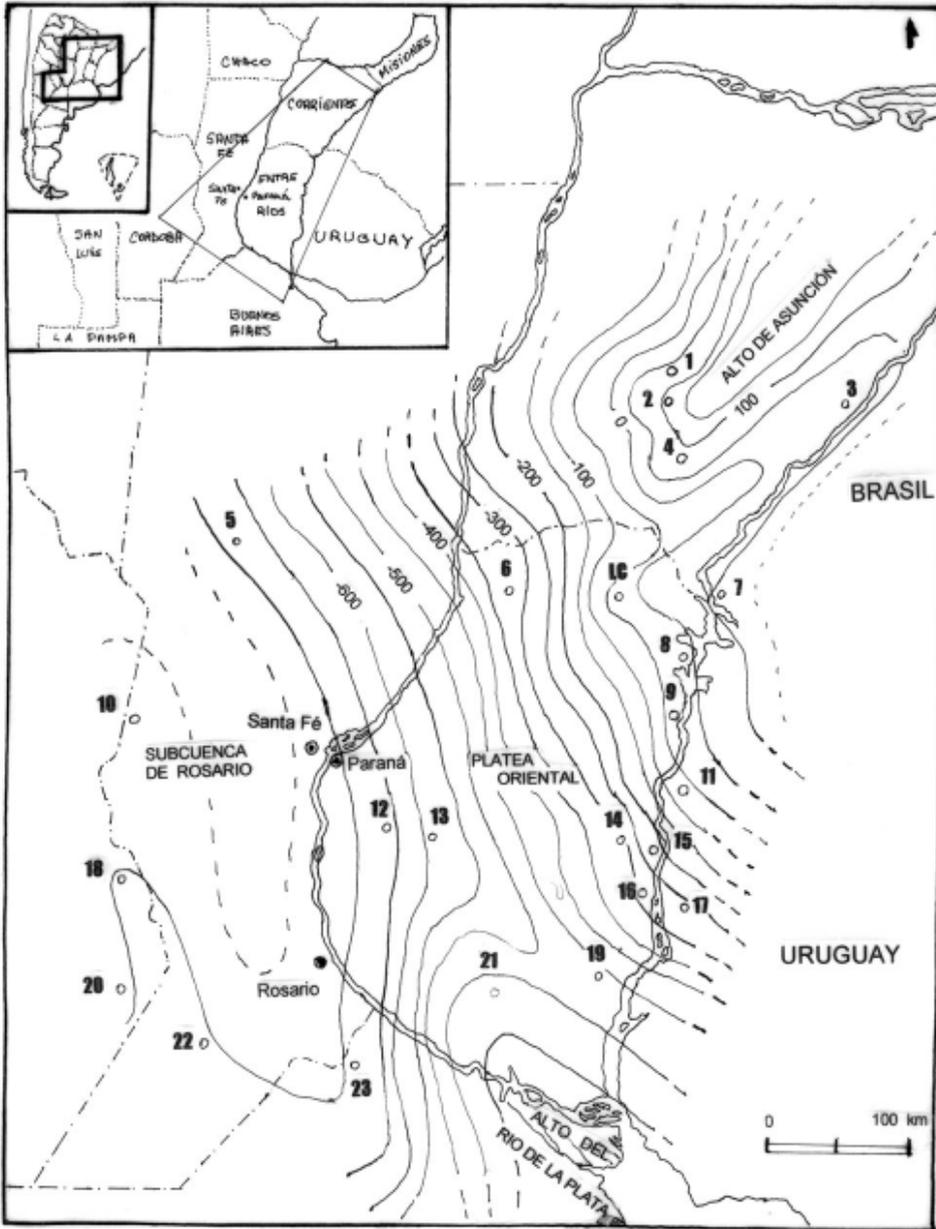


Figura 1: Mapa estructural del tope de la Formación Serra Geral (valor en m).

Limos de Fray Bentos, Caorsi y Goñi, 1958), presente en la República Oriental del Uruguay y Mesopotamia argentina. Asimismo, la Formación Chaco puede considerarse equivalente del registro continental integrado, de abajo hacia arriba, por las Formaciones Los Cardos (Yrigoyen, 1975; "Grupo Los Cardos", Zambrano, 1974), y Olivos (Groeber, 1961), distribuidas en el sur de Córdoba y Santa Fe, y norte y centro bonaerenses.

Siempre al referirse a la Formación Chaco, Russo *et al.* (1979), agregaron que «...Los mayores espesores, variables entre 300 y 350m, se localizan en los pozos perforados en el sector profundo de la cuenca (Ceres, Coronel Rico, San Cristóbal, etc. ...). Esos valores aumentan en los sitios dónde no se ha depositado la Formación Paraná, como sucede en Las Breñas y Charata (420 y 430 m, respectivamente)». En efecto, respecto del subsuelo occidental chaqueño, de inmediato arriba de la Formación Chaco, faltan las secuencias marinas someras mio-pliocenas del «mar paranense», y entonces depósitos continentales de filiación "pampeana" se apoyan directamente sobre la última unidad nombrada. Para esta comarca, algunos espesores de la Formación Chaco, son: YPF El Desierto: 45 m., de 105 a 150 m.b.b.p.; YPF Gancedo 1: 340 m., de 125 a 465 m.b.b.p.; YPF Charata 1: 450 m., de 220 a 670 m.b.b.p.; YPF Las Breñas 2: 502 m., de 80 a 582 m.b.b.p.; YPF Las Breñas Oriental 1: 156 m., de 168 a 324 m.b.b.p. (Fernández Garrasino, 2000). Así, las sedimentitas marinas y litorales propias de la Formación Paraná, podrían estar reemplazadas lateralmente por acumulaciones continentales de la misma edad. Luego, desde el punto de vista litoestratigráfico, en algunas localidades, tales depósitos clásticos continentales pertenecientes a tiempos "paranenses", se sumarían por sobreposición, a secciones superiores de la infrayacente Formación Chaco, integrando las partes más altas de esta unidad, la cual alcanzaría así a tiempos pliocenos, según relaciones de diacronismo. Tal vinculación entre las Formaciones Chaco y Paraná también fue sugerida en correlaciones gráficas propuestas por Padula y Mingramm (1968).

b) Formación Serra Geral: El mapa estructural del tope del conjunto basáltico de la Formación Serra Geral (Paraná Trapp, Derby, 1878?, 1879, in Willig *et al.*, 1974; Basalto de Serra Geral, Rocas Eruptivas de Serra Geral, Efusivas de Serra Geral, White, 1908; Eruptivas de Serra Geral, Grupo Volcánico de Serra Geral, Harrington, 1950; Formación Serra Geral, Putzer, 1962; en Argentina, Capas de Serra Geral, Rocas Volcánicas de Serra Geral, Rocas Basálticas de Misiones, Formación Volcánica de Serra Geral, Hausen, 1919; Formación Serra Geral, Padula y Mingramm, 1968; Basaltos de Serra Geral, varios autores, Herbst, 1971; Miembro Serra Geral de la Formación Solari, Herbst, 1971; Lavas de Serra Geral, Padula, 1972; Miembro Posadas de la Formación Curuzú Cuatiá, Gentili y Rimoldi, 1979) (Neojurásico-Eocretácico) presentado en la Figura 2, se obtuvo a partir de datos de pozos de investigación estratigráfica, hidrogeológica, hidrotermal, y de prospección de hidrocarburos. La información correspondiente a los pozos Hunt General Levalle 1 (Córdoba), y Marathon Firmat 1 (Santa Fe), se dieron a conocer en la Mesa Redonda sobre la Cuenca Chacoparanense, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG), Buenos Aires, septiembre de 1997. Por razones de espacio no se representaron las perforaciones de YPF Ordóñez 1 (Córdoba) (tope F. Serra Geral -631 m.b.n.m.) y Hunt General Levalle 1 (Córdoba) (tope F. Serra geral -1048 m.b.n.m.), cuyos respectivos valores concuerdan con la tendencia regional de las curvas estructurales. No fueron considerados los valores del pozo Salto 1, cercano a la ciudad uruguaya epónima, ya que respecto de él persisten algunas dudas relativas a la definición del techo de la Formación Serra Geral, como se advierte a partir de la información provista por las contribuciones de Padula y Mingramm (1968), y Andreis *et al.* (1996). Tampoco se dispuso de datos del pozo Agua y Energía San Víctor 1 (profundidad final 1157 m.b.b.p., Tujchneider y Fili, 1988), correspondiente a la cuenca del arroyo Feliciano, NNO de Entre Ríos, ni de la perforación hidrotermal La Paz 1,

finalizada recientemente (marzo 2000) en la epónima ciudad entrerriana, a orillas del Paraná.

Referente al mapa estructural de la Figura 1, a continuación se indican las numeraciones identificatorias de pozos, y las respectivas cotas referidas al nivel del mar del tope del cortejo efusivo de la Formación Serra Geral: 1: Mercedes 1, 86 m.; 2: Justino Solari 2, 111 m.; 3: Guaviraví 1, 31 m.; 4: Curuzú Cuatiá 1, 70 m.; 5: San Cristóbal 1, -670m.; 6: Estacas 1, -320 m.; 7: Gaspar 1, 52 m.; 8: Federación 1 (hidrotermal), -7 m.; 9: Concordia 1 (hidrotermal), -22 m.; 10: YPF Josefina 1, -710 m.; 11: Quebracho 1, -70 m.; 12: DGIM General Ramirez 1, -660 m.; 13: YPF Nogoyá 1, -571 m.; 14: Villa Elisa 1 (hidrotermal), -305 m.; 15: Colón 1 (hidrotermal), -201 m.; 16: Concepción del Uruguay 1 (hidrotermal), -266 m.; 17: Paso Ullestie 1, -260 m.; 18: YPF Saira 1, -692 m.; 19: Gualaguaychú 1 (hidrotermal), -460 m.; 20: YPF Camilo Aldao 1, -705 m.; 21: Gualeguay 4, -442 m.; 22: Marathon Firmat 1, -690 m.; 23: Gas del Estado Conesa 3, -697 m. La información de pozos fue complementada con una prueba de refracción en la localidad de Los Conquistadores (LC, tope Formación Serra Geral: -23 m.).

El límite superior del conjunto basáltico de la Formación Serra Geral no es una superficie estratigráfica rigurosamente única. Mas bien, ella corresponde a las respectivas bases de registros continentales cretácicos, o de supuestas acumulaciones marinas y litorales maastrichtianas-paleocenas, o bien de secuencias continentales eocenas superiores-miocenas inferiores, o de otras unidades cenozoicas más jóvenes. Luego, el tope de la Formación Serra Geral no provee la mejor referencia para el análisis estructural, toda vez que no muestra fielmente las características de la deformación que afecta a la unidad litoestratigráfica mencionada. Sin embargo, como en la Mesopotamia argentina escasos pozos atravesaron totalmente al cortejo efusivo de Serra Geral, entonces se prefirió escoger al tope del mismo, como elemento de referencia aceptablemente adecuado, dado el contraste litológico que ofrece, y atento al suave tectonismo mesozoico y cenozoico de la región.

La escasa densidad de datos de perforación, y la carencia de control sísmico en Mesopotamia, impidieron representar fallamientos indudablemente existentes, sugeridos por distintos indicios fisiográficos tales como lineamientos y quiebres fluviales llamativos, o resaltos sensibles del terreno dentro de la morfología suavemente ondulada de la región, todos rasgos que también pueden responder a causas distintas de la dislocación.

Sin desatender las señaladas limitaciones del tope de la Formación Serra Geral como superficie guía, es lícito asumir que el mapa estructural a él referido (Figura 1), sugiere algunas posibles características del escenario deposicional de la Formación Paraná. Respecto de la Mesopotamia argentina, destaca la presencia de los Altos de Asunción (Corrientes), y del Río de la Plata (sur de Entre Ríos). Entre ambos, y coincidentemente con las curvas de anomalías de Bouguer (gravimetría) propuestas por Introcaso (1997), también se distingue la llamada "platea oriental" (Fernández Garrasino y Vrba, 1999) en el norte y centro de Entre Ríos, superficie regional inclinada de suave pendiente en ascenso al este, hacia las llanuras occidentales y centrales del Uruguay, y del oeste de Río Grande do Sul (Brasil). Los tres elementos estructurales indicados habrían ejercido cierto grado de control paleogeográfico y tectosedimentario, limitando la distribución de la Formación Paraná, y la localización de sus facies proximales. Se explicaría así la ausencia de esta unidad litoestratigráfica en las comarcas orientales de Corrientes y Entre Ríos. La "platea oriental" pertenecería al ámbito artesiano uruguayo-mesopotámico, de recarga generosa y buen potencial piezométrico. Así lo indican los abundantes caudales surgentes de los pozos hidrotermales de Arapey, Daymán, y Guaviyú (Uruguay), y Federación, Concordia, y Villa Elisa (Entre Ríos), tenidos como principalmente productivos a partir de areniscas infrabasálticas, con participación significativa de eolianitas atribuidas al Jurásico "pre-Serra Geral".

Bibliografía

- Andreis, R., L. Ferrando y R. Herbst, 1996. Terrenos carboníferos y pérmicos de la República Oriental del Uruguay. En: Archangelsky, S. (Ed.) *Academia Nacional de Ciencias*, El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay: 309-343.
- Arigós, L. y C. Vilela, 1949. Consideraciones geológicas sobre las Sierras Subandinas en la región de Tartagal (Provincia de Salta). *Asociación Geológica Argentina Revista* 4(2): 77-131.
- Bertels, A. y L. Zabert, 1980. Microfauna del Grupo Santa María (Terciario superior) en las provincias de Catamarca y Tucumán, República Argentina. *2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1er. Congreso Latinoamericano de Paleontología. Actas* 3: 67-73.
- Boltovskoy, E., 1991. Ihering's hypothesis in the light of foraminiferological data. *Lethaia* 24: 191-198.
- Borchert, A., 1901a. Die Molluskenfauna und das Alter der Paraná Stufe. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilageband* 14: 171-245.
- Borchert, A., 1901b. La edad geológica del Piso de Paraná. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 52: 88-89.
- Bossi, J., 1966. *Geología del Uruguay*. Universidad de la República, Departamento de Publicaciones, Colección Ciencias 2: 1-470, Montevideo
- Bravard, A., 1858. *Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná*. Imprenta del Registro Oficial, 107 pág., Paraná (reimpresión 1995, Imprenta del Congreso de la Nación) pp. 107.
- Burmesiter, G., 1858. Über die Tertiaformation von Paraná: *Zeitschrift Deutschen Geologischen Gesellschaft* 10: 423-432.
- Camacho, H., 1967. Las transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista* 22 (4): 253-280.
- Caorsi, J. y J. Goñi, 1958. Geología uruguaya. *Boletín del Instituto Geológico del Uruguay* 37: 1-73, Montevideo
- Coco, A., 1948. [Informe geológico de la Hoja Federación - Entre Ríos. Ejército Argentino, Comando de Ingenieros, Buenos Aires. Inédito]
- Comité Argentino de Estratigrafía, 1992. *Código Argentino de Estratigrafía*. Asociación Geológica Argentina, Serie "B" (Didáctica y Complementaria) N° 20, 64 pág.
- Chaia, A., 1988. [Resultados preliminares del estudio paleontológico de los perfiles: Alemania, La Yesera y Arroyo Pablo, provincia de Salta. La Salina, provincia de Tucumán y Arroyo Añaco de la provincia de Catamarca. YPF, Buenos Aires. Inédito.]
- Doering, A., 1882. Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia), realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879, bajo las órdenes del Gral. Julio A. Roca. Entrega 3, 3a. parte, Geología: 295-530, Ostwald y Martínez, Buenos Aires
- Fernández Garrasino, C., 1998. [Provincia de Entre Ríos, Argentina. Prospección de hidrocarburos. Almacenaje subterráneo de gas natural. Informe final. Gobierno de la Provincia de Entre Ríos, Paraná. Inédito]
- Fernández Garrasino, C., 2000. [Geología de la Provincia del Chaco. Prospección de hidrocarburos. Prospección hidrotermal. Almacenaje subterráneo de gas natural. Asociación Argentina para el Uso Racional de la Energía (A.A.P.U.R.E) y Gobierno de la Provincia del Chaco, Buenos Aires, Resistencia. Inédito.]
- Fernández Garrasino, C. y A. Vrba, 1999. Estructura del tope de la Formación Serra Geral (Neojurásico-Eocretácico) en la Mesopotamia argentina y adyacencias. *Actas 14º Congreso Geológico Argentino*. 1: 185-188.
- Fossa Mancini, 1938. Una reunion de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petrolíferas* 15 (171): 31-95.
- Frenguelli, J., 1920. Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* Boletín 24: 55-256.
- Frenguelli, J., 1930. Apuntes de geología uruguaya. *Boletín del Instituto de Geología y Perforaciones del Uruguay* 11: 1-47.
- Gentili, C. y H. Rimoldi, 1979. Mesopotamia, *Segundo Simposio Geología Regional Argentina*, Publicación de la Academia Nacional de Ciencias, en Córdoba 1: 185-223.
- Goso, H., 1965. *El Cenozoico en el Uruguay*. Ministerio de Industria y Comercio, Instituto Geológico del Uruguay, Montevideo
- Groeber, P., 1961. Contribuciones al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. *Anales de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires* 2: 9-54.
- Harrington, H., 1950. *Geología del Paraguay Oriental*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Contribuciones Científicas Serie E (Geología) 1: 1-82.
- Hausen, J., 1919. Contribución al estudio de la petrografía del Territorio Nacional de Misiones. *Dirección General de Minas, Geología e Hidrología Boletín N° 21 Serie B (Geología)*: 1-39.
- Herbst, R., 1971. Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26 (2): 221-243.
- Herbst, R., J. Santa Cruz, E. Popolizio, R. Capurro y E. Escobar, 1985. Mapa Litoestratigráfico de la Provincia de Corrientes. Universidad Nacional del Nordeste, *d'Orbigyana* 2: 1-50.
- Herbst, R., J. Santa Cruz y L. Zabert, 1976. Avances en el conocimiento de la estratigrafía de la Mesopotamia Argentina, con

- especial referencia a la provincia de Corrientes. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 7: 101-121.
- Introcaso, A., 1997. [*Proyecto de carta isogállica*. Universidad Nacional de Rosario, Instituto de Física de Rosario, Rosario. Inédito.]
- Kraglievich, L., 1928. Apuntes para la geología y paleontología de la República Oriental del Uruguay. *Revista Amigos de la Arqueología* 2: 5-61.
- Kraglievich, L., 1932. Nuevos apuntes para la geología y paleontología uruguayas. *Anales Museo de Historia Natural*, 2º. Serie 3: 257-321.
- Lambert, R., 1940. Memoria explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del Departamento de Paysandú y de los alrededores de Salto. *Instituto Geológico del Uruguay Boletín* 27b: 1-41.
- Martínez, C., 1950. [*Observaciones geológicas en Curuzú Cuatiá (Corrientes) y alrededores*. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Tesis doctoral, Córdoba. Inédito]
- Mingramm, A., 1965. [Abandono del pozo stratigráfico F. MB. 1 - Mariano Boedo (Formosa). YPF, Buenos Aires. Inédito.]
- Mingramm, A. y A. Russo, 1972. Sierras Subandinas y Chaco salteño. En: Leanza, A. F. (Ed.) *Geología Regional Argentina*: Academia Nacional de Ciencias, Córdoba 185-211.
- Padula, E., 1972. Subsuelo de la Mesopotamia y regiones adyacentes. En: Leanza, A. F. (Ed.) *Simposio de Geología Regional Argentina*: Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 213-235, 869 pág
- Padula, E. y A. Mingramm, 1968. Estratigrafía, distribución y cuadro geotectónico-sedimentario del "Triásico" en el subsuelo de la llanura Chaco-Paranense. *Actas 3as. Jornadas Geológicas Argentinas* 1: 291-331
- Podestá, F., 1899. Un nuevo fósil: el Ameghinotherium curuzucuatiense. *Revista Escuela Positiva* 5: 1-8.
- Preciozzi Porta, F., J. Spoturno Pioppo, W. Heinzen Marziotto y P. Rossi Kempa, 1985. *Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a la escala 1:500.000*. Ministerio de Industria y Energía, Dirección Nacional de Minería y Geología, Montevideo
- Pucci, J., 1991. Resumen de las cuencas sedimentarias del Paraguay. *Boletín de Informaciones Petroleras Tercera época* 8(28): 42-48.
- Putzer, H., 1962. *Geologie von Paraguay*: Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, Gebrüder Borntraeger, 182 pág.
- Roth, S., 1921. Investigaciones geológicas en la llanura pampeana. *Revista Museo de La Plata* 25: 135-342, La Plata
- Russo, A., R. Ferello y G. Chebli, 1979. Llanura Chaco Pampeana. Academia Nacional de Ciencias. *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina* 1: 139-183
- Tofalo, O., 1986. Petrología y diagénesis de secuencias terciarias de la Mesopotamia centrorienta. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, *Boletín Sedimentológico* 3(1-2): 1-14.
- Tujchneider, O. y M. Fili, 1988. Hidrogeología de la cuenca del Arroyo Feliciano, Provincia de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 43(2): 163-174.
- von Huene, F., 1929. Los saurisqueos y ornitisqueos del Cretáceo argentino. *Anales del Museo de La Plata*, 2a. Serie 3: 1-194, La Plata
- Walther, K., 1919. Líneas fundamentales de la estructura geológica de la República Oriental de Uruguay. *Revista del Instituto Nacional de Agronomía* 2a. Serie 3: 1-186.
- Walther, K., 1931. Sedimentos geolíticos y clastogelíticos del Cretácico superior y Terciario uruguayos. *Boletín del Instituto de Geología y Perforaciones del Uruguay* 13: 1-142.
- White, I., 1908. Relatório sobre as "Coal measures" e rochas associadas do Sul do Brasil. *Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil* 1: 2-300. Imprensa Nacional.
- Willig, C., N. Valentini, C. Conte, J. Zir Filho y O. Monaco, 1974. *Texto explicativo, Folha Porto Alegre (SH-22), Folha Laguna Mirim (SI-22), Carta Geológica do Brasil ao milionésimo*. Departamento Nacional da Produção Mineral: 11-69.
- YPF, 1960. [Informe de terminación del pozo SJ-2, Jollín, (Salta).- YPF, Buenos Aires. Inédito]
- Yrigoyen, M., 1975. Geología del Subsuelo y Plataforma Continental. *6º Congreso Geológico Argentino* (Buenos Aires, 1975) *Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires*: 139-168,
- Zabert, L., 1982. *Nonion demens* (Bik), foraminífero bentónico en el Mioceno del Valle de Santa María (Tucumán) y Selva (Santiago del Estero), Argentina. *Actas del 3er. Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*: 183-196.
- Zabert, L. y R. Herbst, 1977. Revisión de la microfauna Miocena de la Formación Paraná (entre Victoria y Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos, Argentina), con algunas consideraciones stratigráficas. *Faena* 1: 131-164.
- Zambrano, J., 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la Provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 29(4): 443-469.

Recibido: 30 de junio de 2000

Aceptado: 15 de noviembre de 2000

Icnofacies *Skolithos-Ophiomorpha* en el Neógeno del valle inferior del río Chubut, provincia del Chubut, Argentina

Roberto R. LECH ⁽¹⁾, Florencio G. ACEÑOLAZA ⁽²⁾ y Mercedes M. GRIZINIK ⁽³⁾.

Abstract - THE ICNOFACIES *SKOLITHOS-OPHIOMORPHA* IN NEOGENE OF THE LOWER VALLEY OF RÍO CHUBUT, CHUBUT PROVINCE, ARGENTINA. The icnocoenosis *Skolithos-Ophiomorpha* of marine Neogen strata outcropping in lower valley of "Río Chubut", province of Chubut are described. The geological sections have common *Ophiomorpha nodosa* and the icnocoenosis of *Cylindrichnus concentricus*, *Planolites beverleyensis*, *Polykladichnus irregularis*, *Rosselia socialis*, *Skolithos linearis* y *Thalassinoides suevicus*. The association is representative of one littoral zone, intertidal to subtidal, with notable continuity along the thickness. Same confirm previous ideas on only one marine event in Middle Miocene (Tortonian) times.

Key words: Trace fossils. Miocene. Patagonia

Palabras Claves: Icnofósiles. Mioceno. Patagonia.

Introducción

Recientes trabajos sobre el Neógeno marino aflorante en el tramo inferior del valle del río Chubut nos permitieron reconocer que un importante espesor sedimentario se encuentra intensamente bioturbado con la típica asociación icnológica integrada por *Skolithos-Ophiomorpha*.

La sola mención de dichas icnoespecies en la columna estratigráfica que caracteriza a las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn, nos permite señalar algunos aspectos interesantes sobre la biodiversidad de las misma y a la vez replantear conceptos estratigráficos que apuntalan las nuevas ideas que se tiene sobre las fluctuaciones del nivel del mar en la costa atlántica durante el Terciario medio (Tortoniano).

Debe reconocerse que durante mucho tiempo la discusión sobre la posibilidad de estar ante una serie de eventos transgresivos-regresivo estuvieron atados a interpretaciones tectogénicas y a las determinaciones de edades relativas basadas en la malacofauna fósil presente en los niveles marinos. Hoy los numerosos estudios desarrollados sobre la edad de la fauna, como asimismo, los llevados a cabo por Haq *et al.* (1988) sobre los registros mundiales de los cambios del nivel del mar; como asimismo a las revisiones de la fauna de moluscos llevada adelante por Del Río *et al.* (1999) contribuyen a mejorar la interpretación que se tiene sobre las unidades marinas del Neógeno patagónico.

El material fósil estudiado nos permite reconocer en las unidades estratigráficas asignadas a Gaiman y Puerto Madryn una secuencia, en términos generales, icnologicamente continua, típica de la región intermareal y submareal en los ambientes marino de transición. Las

¹ CENPAT- CONICET. Puerto Madryn, Chubut. Argentina. e-mail: rrllech@cenpat.edu.ar

² INSUGEO-CONICET-UNT. Miguel Lillo 205.San Miguel de Tucumán. Tucumán, Argentina. e-mail: facenola@satlink.com, o insugeo@unt.edu.ar

³ Facultad de Ciencias Naturales, Sede Trelew, UNP "S.J.B.", Chubut.

discontinuidades icnológicas observadas en el campo puede deberse tanto a cambios de corta duración en la energía del ambiente sedimentario como a variaciones de la línea de costa originada por eventos eustáticos diferentes.

Antecedentes

Los primeros estudios geológicos sobre el Terciario de Patagonia fueron realizados por d'Orbigny (1842) y Darwin (1846), quienes al realizar una reseña de los afloramientos del litoral atlántico respectivamente los describen como "*Tertiaire patagonien*" y "*Patagonian Tertiary Formation*". Debe destacarse que las descripciones más detalladas fueron desarrolladas, años más tarde, por Bravard (1858), F. Ameghino (1889, 1894, 1897, 1898 y 1906), Burmeister (1876), Döering (1882), C. Ameghino (1890), Ortman (1902), Wilckens (1905), Ihering (1907), Roveretto (1921), Windhausen (1919, 1921), Frenguelli (1926), Feruglio (1949, 1950) entre otros, quienes se involucran en discusiones sobre el desarrollo de los estratos marinos y continentales presentes en distintos sectores de la costa atlántica.

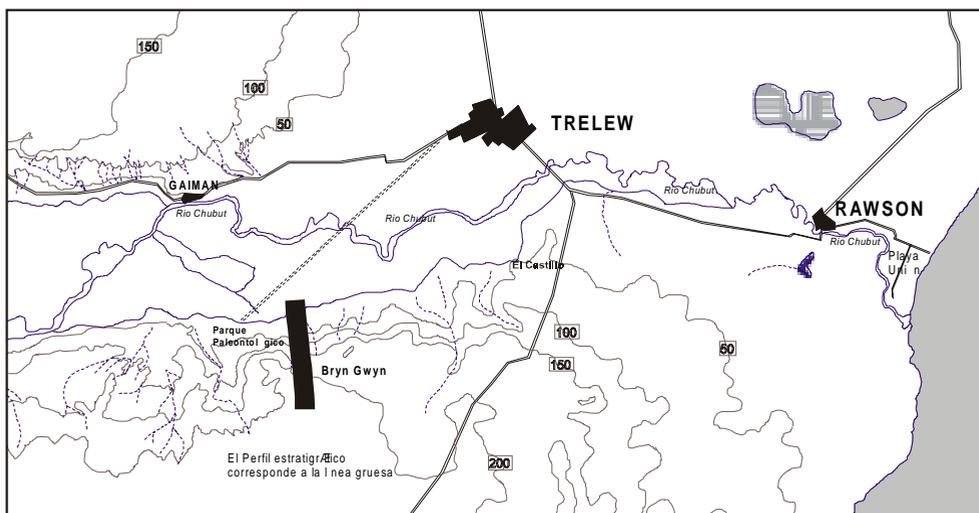


Figura 1. Mapa del Valle del Río Chubut con identificación de ubicación del perfil estratigráfico.

La definición de varios ciclos transgresivos-regresivos durante el Terciario inferior y medio llevaron a la instalación, en la nomenclatura geológica, de una serie de nombres cuya interpretación cronológica y estratigráfica dio origen a interpretaciones muchas veces controversiales. Así por ejemplo nombres como "Patagoniense", "Suprapatagoniense", "Entrerriense", "Leonense", "Cameronense", "Aonikense" o "Juliense" han sido objeto de diversas consideraciones, no siempre acordes con el hoy vigente Código de Nomenclatura Estratigráfica.

Por las características del presente trabajo no entraremos en detalles sobre el debate mencionado, aunque debemos señalar que, si bien el mismo aportó más detalles a las descripciones estratigráficas y paleontológicas, también en muchos casos oscureció el panorama interpretativo.

Sin perjuicio de ello debemos destacar que Frenguelli (1926, 1935) realizó un detallado relevamiento de la estratigrafía de la zona de Gaiman, reconociendo que sobre la «serie tobífera»

(Formación Sarmiento) es factible observar una sucesión integrada por el «Patagoniense», «Aonikense» (*sensu* Rovereto, 1921) y el «Entrerriense». En este conjunto Haller y Mendía (1980) interpretan que la secuencia neogena puede integrarse en las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn, esta última portadora de la malacofauna caracterizada por *Ostrea madryna*. En cambio Scasso y Del Río (1987), luego de un exhaustivo estudio de la fauna y sedimentología llegan a la conclusión que tanto el «Patagoniense», «Entrerriense» y «Rionegrense» constituyen un único evento sedimentario marino de carácter regresivo, criterio que también hemos sostenido en una comunicación sobre este tema (Aceñolaza *et al.* 1998).

Marco geológico

La geología del sector conocido como Lomas Blancas o «Bryn Gwyn» (en idioma Galés), al sur del río Chubut, fue objeto de reiterados trabajos tanto estratigráficos como paleontológicos, debido a la importancia que se le atribuye en la interpretación evolutiva del Terciario aflorante en el valle inferior del río Chubut. Como ya hemos mencionado, Frenguelli (1935) es quien tal vez mayor atención le prestara a la columna allí aflorante describiéndola en sus detalles centimétricos. Años más tarde, Feruglio (1949, 1950) y recientemente Franchi *et al.* (1975), Haller y Mendía (1980), Mendía y Bayarsky (1981) y Scasso y Castro (1999) se abocaron con mayor detenimiento al estudio del sector mencionado aportando distintas interpretaciones sobre ambos pisos. Especialmente Haller y Mendía (1980) describieron en la secuencia marina allí aflorante a las unidades formacionales de Gaiman y Puerto Madryn.

Para estos últimos autores la Formación Gaiman tiene su localidad tipo en Bryn Gwyn (Bardas Blancas), al sur del río Chubut frente a la localidad de Gaiman. El espesor máximo es del orden de los 140 metros, estando constituida por una sucesión de areno-arcillas con material predominantemente tobáceo, de colores muy claros con intercalaciones con restos fósiles de invertebrados marinos. Su relación de base es discordante sobre las tobas con mamíferos terrestres de la Formación Sarmiento.

Desde el punto de vista sedimentológico, el contacto entre las mencionadas Formaciones es difícil de observar, debido a que los sedimentos de la base la Formación Gaiman provendrían de la remoción por acción del agua de mar de aquellas sedimentitas que constituyen a la Formación Sarmiento. Sin embargo, esta discordancia está limitada por trazas fósiles de distinta naturaleza que nos permiten inferir su presencia. En los términos superior de la Formación Sarmiento las rhizoconcreciones son abundantes y desaparecen rápidamente hacia el contacto con la Formación Gaiman. En cambio en la base de esta última Formación se encuentran las primeras *Ophiomorpha* que caracterizaran gran parte de la secuencia sedimentaria marina miocena del valle inferior del río Chubut.

La Formación Puerto Madryn fue propuesta por Haller (1979) para las psamitas y pelitas de tonalidades más verdosas que aquellas que caracterizan a la Formación Gaiman, y se extienden por Península Valdés, el Golfo Nuevo, y el valle inferior del río Chubut (Feruglio, 1949, 1950). Frente a las localidades de Trelew y Gaiman esta unidad estratigráfica presenta un espesor sedimentario del orden de los 30 metros, integradas en una secuencia de arenas, limolitas y arcilitas que están fuertemente bioturbadas con distintos elementos representativos de la icnocoenosis *Skolithos-Ophiomorpha*. Debe destacarse que el paso de la Formación Gaiman a la Formación Puerto Madryn es normal, pudiendo notarse que los icnofósiles tienen una continuidad vertical notable de una a otra.

En la Figura 1 se representa las características sedimentológicas y la distribución estratigráfica de los icnofósiles descritos para las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn (*sensu* Haller y Mendía, 1980) aflorante en las bardas sur frente a la localidad de Gaiman.

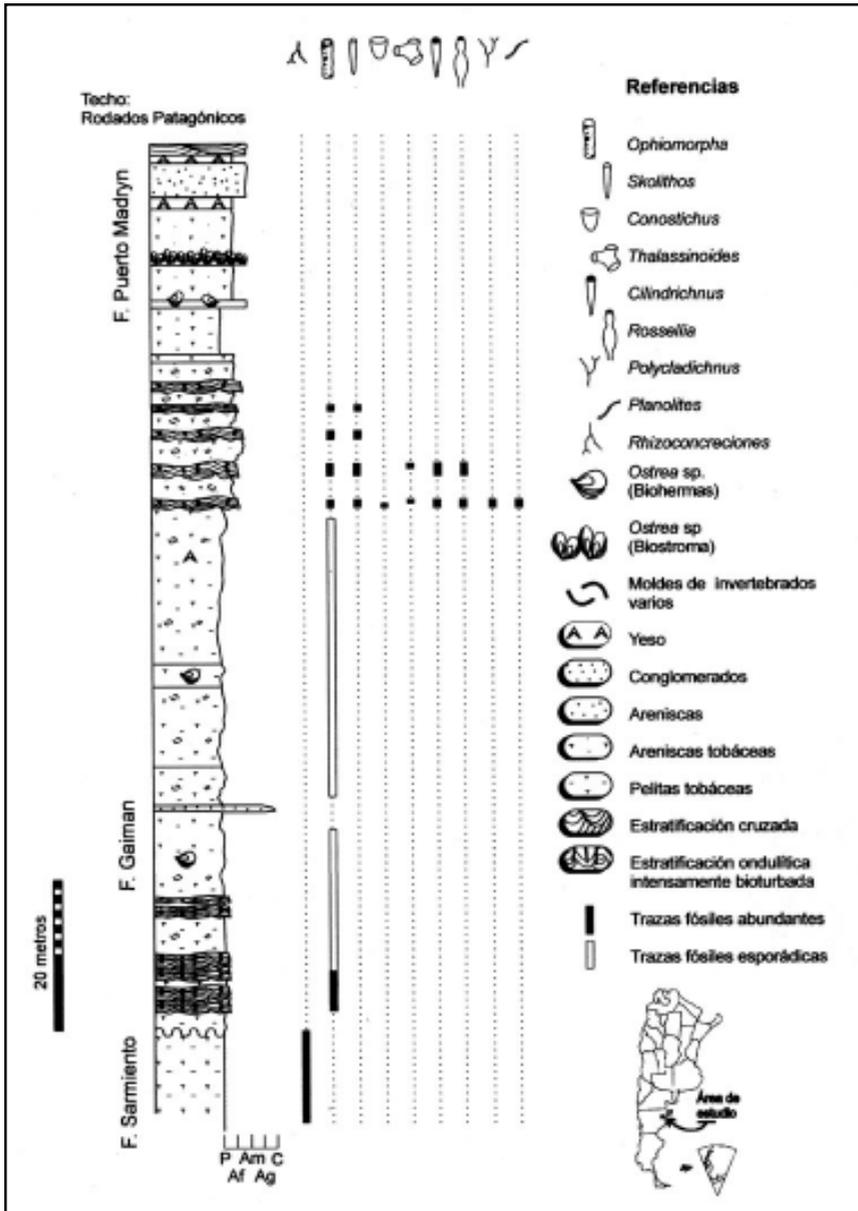


Figura 2. Sección columnas en Bryn Gwyn, con indicación de litología y posición de los icnofósiles.

Descripción icnológica

El material fósil descrito a continuación procede principalmente de las secuencias sedimentarias aflorantes en Bryn Gwyn, Gaiman, además de Loma del Castillo, Trelew, y Playa Maganea, al sur de Playa Unión, Rawson.

ICNOGÉNERO *Cilyndrichnus* Howard, 1966

Cilyndrichnus concentricus Howard, 1966

Material: Numerosos ejemplares «in locus» en la Formación Puerto Madryn, aflorante en Bryn Gwyn, Gaiman.

Descripción: Estructura tubiforme subcilíndrica recta o ligeramente curvada, dispuesta perpendicular al plano de estratificación. Las paredes están constituidas por capas concéntricas de sedimento, que se expanden ligeramente en la posición oral.

Observación: En secciones transversas del material asignado a esta icnoespecie se observa las estructuras concéntricas de las capas que constituyen la pared. El diámetro máximo medido en la zona de expansión entre los distintos ejemplares oscila entre los 15 y 20 mm.

Materiales de este tipo han sido descritas por Frey y Howard (1985) para el Cretácico de Estados Unidos y para el Mioceno (Formación Paraná) de Entre Ríos, Argentina (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000)

ICNOGÉNERO *Conostichus* Lesquereux, 1876

Conostichus isp.

Figura 3, b

Material: Numerosos ejemplares «in locus» en la formación Puerto Madryn aflorantes en Bryn Gwyn, Gaiman.

Descripción: Estructuras cónicas verticales, ornamentadas externamente por crestas y constricciones. Las crestas y surcos se disponen longitudinalmente y pueden superponerse. Poseen disco apical hemisférico. La altura está en el orden de los 5 cm y el diámetro máximo llega a 7 cm. En un corte transversal se observa la estructura interna constituida por un relleno con forma de meniscos cóncavos hacia arriba.

Observaciones: *Conostichus* se encuentra generalmente en secuencias de plataforma marina. En nuestro país este icnogénero es conocido para el Cámbrico (Aceñolaza *et al.*, 1982) y el Carbonífero (Lech y Buatois, 1990).

ICNOGÉNERO *Ophiomorpha* Lundgren, 1891

Ophiomorpha nodosa Lundgren, 1891.

Figura 3, a, c y c', Figura 3, a y Figura 4, d

Material: Numerosos ejemplares «in locus» en las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn aflorantes en Bryn Gwyn, Gaiman; en la Formación Gaiman aflorante en Loma del Castillo, Trelew, y en la Playa Maganea, al sur del puerto de Rawson.

Descripción: Sistema de galerías rectas, verticales y horizontales, de sección circular con un diámetro variable entre unos pocos centímetros y 16 centímetros máximo. Las galerías horizontales se ramifican irregularmente tanto en forma de Y como de T. La longitud vertical visible de las distintas galerías oscila en el orden de los decímetros. Exteriormente las paredes están cubiertas por gránulos subsféricos irregulares que pueden llegar a 16 mm de diámetro máximo en las galerías de mayor tamaño, en tanto que el interior de las galerías es liso.

Observaciones: Esta icnoespecie se la encuentra en la parte alta de la barda de Bryn Gwyn forman un intrincado sistema de galerías verticales y horizontales, de variado diámetro y gran extensión horizontal. Se preservada generalmente como endichnia tanto en sedimentos carbonáticos como silíceos y es especialmente abundantes en rocas de edad mesozoica y cenozoica (Pemberton y Jones, 1988). Ha sido interpretado como galerías de alimentación (Frey *et al.*, 1978) o combinada de alimentación-habitación (Frey y Howard, 1985) y se las atribuye como originada posiblemente por crustáceos decápodos semejantes al grupo de los talasinidos.

Actualmente se reconocen cuatro icnoespecies diferenciadas por la forma de las paredes, las mismas son: *O. annaluta*, *O. borneensis*, *O. irregulaire* y *O. nodosa* (Pemberton y Jones, 1988). Debemos hacer notar que Scasso y Castro (1999) hace mención e ilustra ejemplares de esta icnoespecie procedentes del mismo sector en estudio.

ICNOGÉNERO *Planolites* Nicholson, 1873

Planolites beverleyensis (Billings, 1862)

Figura 3, e, Figura 4, c y f

Material: Numerosos ejemplares «in locus» en la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman.

Descripción: Estructuras tubiformes dispuesta paralelamente al plano de estratificación, rectas a meandriformes, raramente ramificadas. El diámetro de los tubos oscila alrededor de los 5 mm, si bien es posible encontrar secciones irregulares de diámetro mayor. La sección puede ser circular a elíptica. No se observó estructuras sedimentarias en el interior de las galerías, y el sedimento difiere en color con respecto a la roca de caja.

Observaciones: Pemberton y Frey (1982) desarrollan en un extenso trabajo cual es la característica principal del icnogénero *Planolites* y sus diferencias con *Palaeophychus* con quien es posible confundir. Señalan así también, que las principales diferencias entre ambos icnogéneros corresponden al hecho que el relleno de *Planolites* es diferente en estructura y composición respecto al material de la roca de caja. Los mismo autores, basándose en el tamaño, curvatura y características morfológicas de la pared de *Planolites*, reconocen como válidas a tres icnoespecies: *P. montanus*, *P. beverleyensis* y *P. annularis*.

P. beverleyensis se diferencia de las otras dos especies por el tamaño, por la configuración recta a curva de las galerías y por las paredes lisas (Pemberton y Frey, 1982). Esta traza fósil se preserva generalmente como endichnia, hipicnia y epicnia, y ha sido interpretada como una estructura de alimentación (Frey y Howard, 1985).

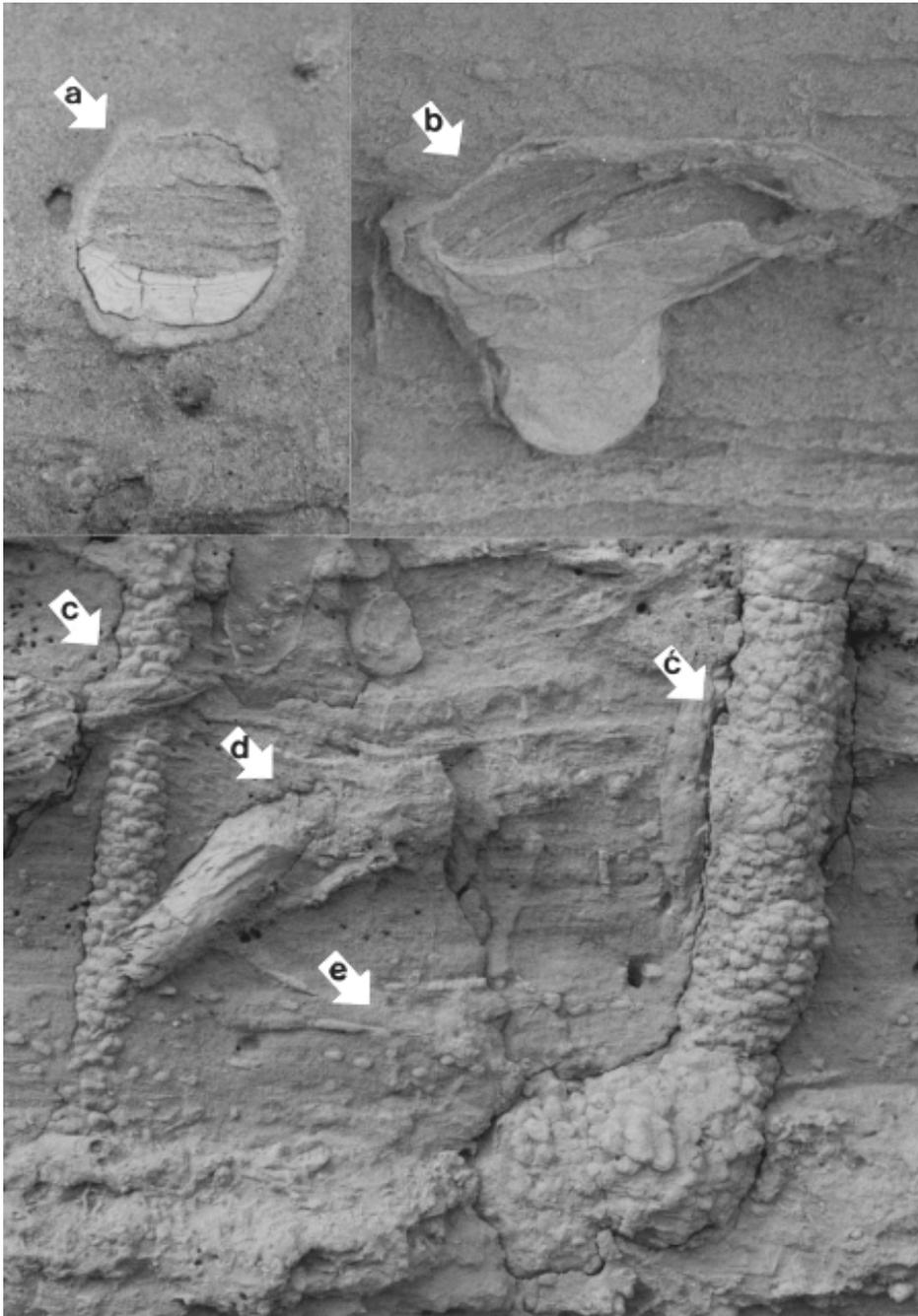


Figura 3. a: Corte transversal de un tubo horizontal de *Ophiomorpha nodosa*. b: *Conostichus* isp. c y c': Tubos verticales de *Ophiomorpha nodosa* donde se observa el ensanchamiento de la base formando un nodo al horizontalizarse el tubo. d: *Rosselia socialis* removida de su posición normal. e: Nivel con *Planolites beverleyensis*. Todo el material fósil fotografiado proviene de la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman.

Planolites es un icnogénero con un rango estratigráfico muy amplio, que va desde el Precámbrico superior hasta la actualidad. Hay autores que lo atribuyen como originado por anélidos poliquetos del grupo de los eunícidos (Howard y Frey, 1975), o bien por hemicordados del tipo de *Balanoglossus* (Rupper y Barnes, 1996).

Icnogénero *Polykladichnus* Fürsich, 1981

Polykladichnus irregularis Fürsich, 1981

Figura 5, a y a'

Material: Varios ejemplares observados «in locus» en la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman.

Descripción: Trazas tubulares rectas o ligeramente curvas, bifurcadas en Y, perpendiculares al plano de estratificación y en general conectadas con la superficie de sedimentación. El diámetro oscila entre los 4 y 8 mm y la longitud máxima observada alcanza los 17 cm. No se observó estructuras internas, y cuando falta el relleno se observa las paredes constituidas por granos de arena cementados por carbonatos.

Observaciones: *Polykladichnus* si bien es poco frecuente, se identifica perfectamente por su particular forma de Y, acompañando a los niveles con *Skolithos*, forma con quien puede confundirse cuando falta alguna de las ramas o cuando está se verticaliza demasiado. Pemberton y Jones (1988) destacan la abundancia de *Polykladichnus* en sedimentos del Pleistoceno de las islas Gran Cayman acompañando los niveles con *Skolithos*. Así mismo *Polykladichnus* a sido mencionado por Fürsich (1981) en el Jurásico de Portugal, interpretándolo que su origen se debió a la actividad de poliquetos marinos.

Icnogénero *Rosselia* Dahmer, 1937

Rosselia socialis Dahmer, 1937.

Figura 3, d, Figura 5, e

Material: Numerosos ejemplares «in locus» en la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman, y en la Formación Gaiman aflorante en Loma del Castillo, Trelew.

Descripción: Estructura tubular de aspecto general cónica invertida con expansiones irregulares, que se dispone en posición vertical o inclinada con respecto al plano de estratificación. La longitud máxima medida en los ejemplares reconocidos es de 30 cm, en tanto que el diámetro máximo en igual ejemplar es de 5,5 cm. El extremo oral se cierra ligeramente, otorgándole un aspecto globoso; a medida que la traza crece puede presentarse una segunda expansión globosa, de mayor tamaño que la anterior.

A pesar de que en el material observado no se preservó el extremo distal, el mismo aparenta terminar en un tubo de sección circular de alrededor de un centímetro de diámetro constituido por tres capas de sedimento de distinta granulometría fina. En el extremo oral, siete capas concéntricas de sedimento fino a muy fino forman al cuerpo; así también un cilindro formado por arena fina recorre interiormente y a lo largo de toda su longitud a la estructura de bioturbación.

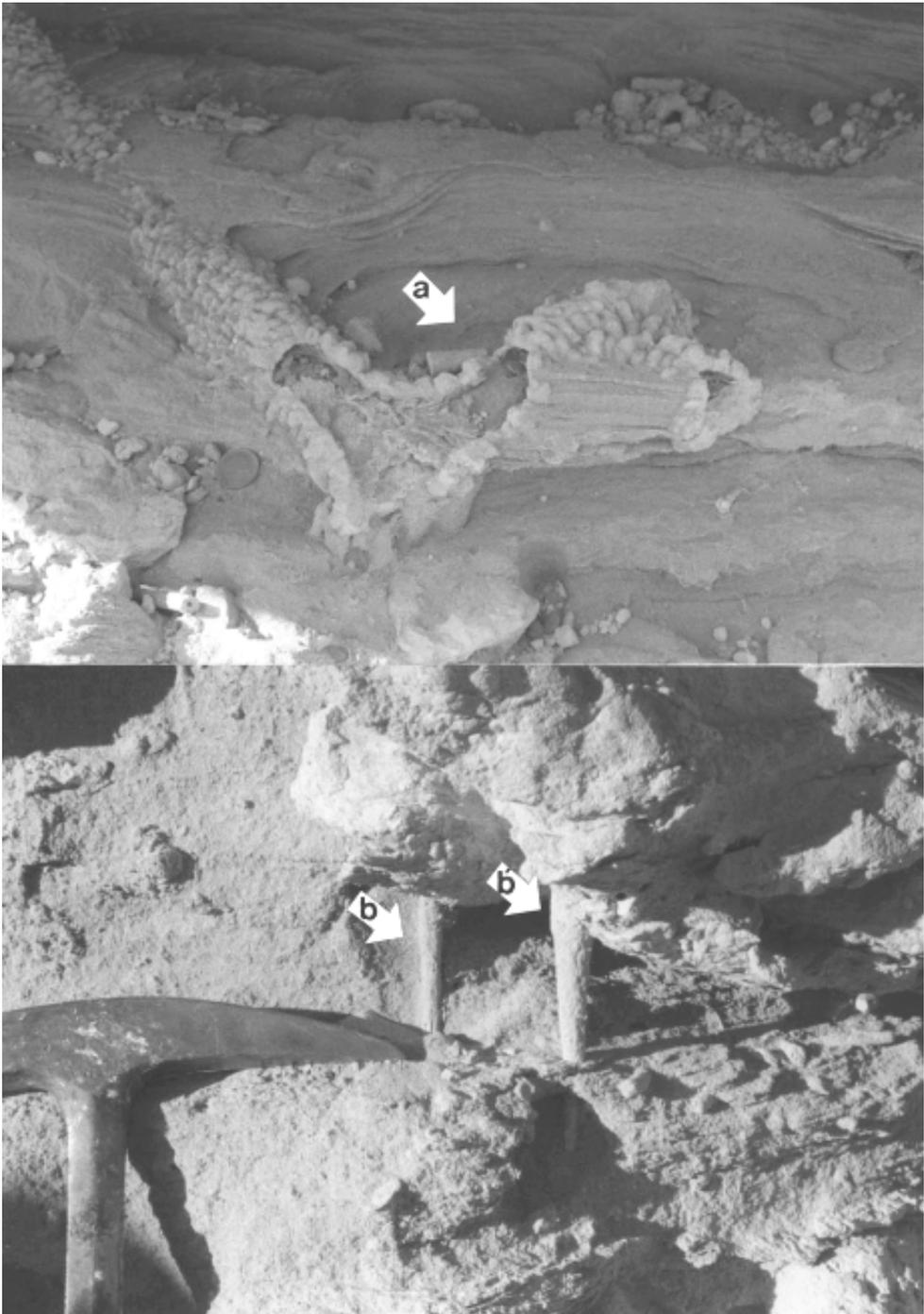


Figura 4. a: Corte transversal de un tubo horizontal bifurcado en Y de *Ophiomorpha nodosa*. b y b': *Skolithos linearis*. Todo el material fósil fotografiado proviene de la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman.

Observaciones: *Rosselia* puede ser confundido algunas veces tanto con *Cylindrichnus*, *Skolithos*, y *Asterosoma* (Frey y Howard, 1985), y ha sido interpretado como galerías de alimentación de anélidos filtradores de sedimento (Pemberton *et al.*, 1992).

En sucesiones sedimentarias del Cretácico *Rosselia* y *Asterosoma* son excelentes indicadores de ambientes marinos de plataforma afectados por las olas de tormentas (Pemberton *et al.*, 1992).

Ichnogénero *Skolithos* Haldeman, 1840

Skolithos linearis Haldeman, 1840

Figura 4, b y b', Figura 5, b

Materiales: Numerosos ejemplares «in locus» en la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman, y en la Formación Gaiman aflorante en Loma del Castillo, Trelew, y en la Playa Maganea, al sur del Puerto de Rawson.

Descripción: Traza tubiforme vertical a subvertical, cilíndricas a subcilíndricas, de paredes lisas. El diámetro máximo se ubica en el extremo oral, y oscila alrededor de 1 cm, en tanto que la longitud máxima no supera los 10 cm. El relleno no presenta estructuras aparentes y el sedimento contrasta ligeramente con la roca de caja.

Observaciones: Debemos destacar que las asignaciones específicas en el ichnogénero *Skolithos* se tornan dificultosas debido a los escasos elementos morfológicos de éste presenta, esto motiva que las asignaciones icnoespecíficas sean numerosas y confunden el panorama general respecto a su taxonomía. Tomando en consideración la revisión sistemática de Alpert (1974) y los comentarios taxonómicos de Fillion y Pickeril (1990), se reconocen actualmente como válidas solo siete icnoespecies de *Skolithos*: *S. linearis*, *S. verticalis*, *S. serratus*, *S. magnus*, *S. ingens*, *S. annulatus*, *S. bulbosus*, y *S. gyratus*.

Las características morfológicas descritas para los ejemplares de *Skolithos* de Bryn Gwyn (posición vertical, sección cilíndrica a subcilíndrica, paredes lisas) corresponden a aquella típica traza vertical y recta correspondientes a la icnoespecie *S. linearis*. *Skolithos* es una traza de tipo domicinia encontrada en variados ambientes de depositación, tanto marinos someros a profundos (Ranger y Pemberton, 1988; Hallam y Swett, 1966; Crimes, 1977) como no marinos (Fitzgerald y Barret, 1986). En tanto que el registro paleontológico abarca desde el Precámbrico al Pleistoceno (Fedonkin, 1985; Pemberton y Jones, 1988).

Ichnogénero *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944

Thalassinoides suevicus (Rieth, 1932)

Materiales: Abundantes ejemplares «in locus» en la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman.

Descripción: Estructuras tubiformes ramificadas, curvas y de sección cilíndrica a subcilíndrica, con el diámetro variable entre 5 y 10 mm. Las mismas forman un sistema de galerías paralelas al plano de estratificación o las interceptan ligeramente. No se ha detectado la

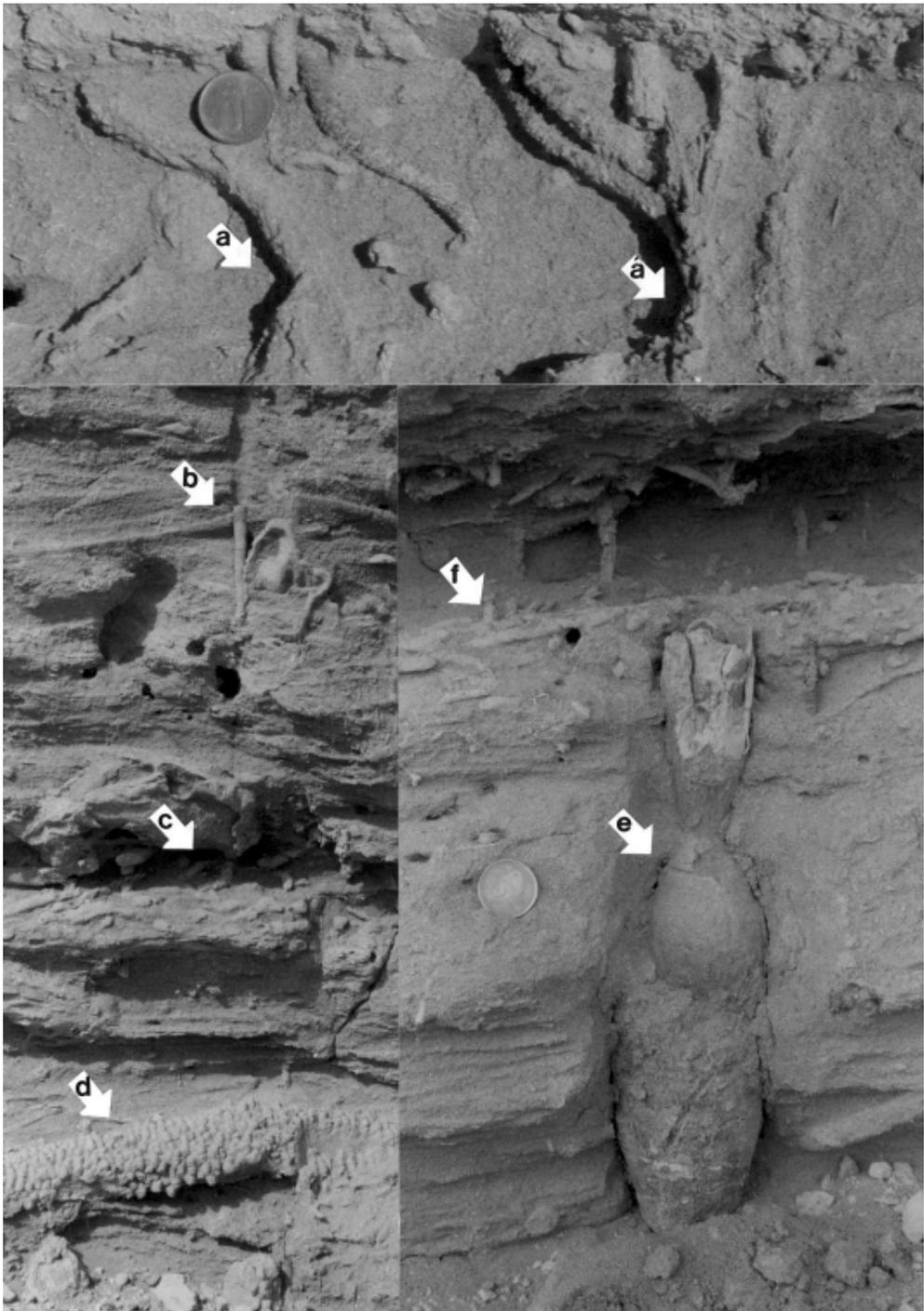


Figura 5: a y a': *Polykladichmus irregularis*. b: *Skolithos linearis*. c y f: Nivel con *Planolites beverleyensis*. d: Tubo horizontal de *Ophiomorpha nodosa*. e: *Rosselia socialis*. Todo el material fósil fotografiado proviene de la Formación Puerto Madryn, Bryn Gwyn, Gaiman.

pared, y la superficie externa de las galerías es lisa. El relleno no presenta estructuras y el color del mismo contrasta ligeramente con el sedimento de caja.

Observaciones: *Thalassinoides* es una traza del tipo epicnia, endicnia o hipicnia, originada por organismos detritívoros afines a los crustáceos decápodos del grupo de los callasínidos (Howard y Frey, 1984; Bromley, 1967). Ha sido interpretada como una traza de alimentación-habitación, característica en sedimentos finos y coherentes, donde el refuerzo de las paredes es innecesario (Frey y Howard, 1985).

Este icnogénero ha sido registrado a partir del Ordovícico (Aceñolaza y Fernández, 1984; Sheenan y Schiefelbein, 1984) y es muy abundante a partir del Mesozoico y Cenozoico. Se lo encuentra en secuencias sedimentarias de origen marino somero (Howard y Frey, 1984), abanicos submarinos profundos (Crimes, 1977; Buatois y López Angriman, 1991) y en secuencias marinas transicionales «shoreface-offshore» (Mángano y Buatois, 1994).

Actualmente se reconocen dos icnoespecies de: *T. paradoxicus* y *T. suevicus*. La primera presenta una alta variabilidad en sus sistemas, una ramificación irregular y por cortar marcadamente los planos de estratificación (Fürsich, 1974).

Consideraciones estratigráficas y paleoambientales

En una comunicación anterior (Aceñolaza *et al.*, 1998), teniendo en cuenta la icnofauna presente en el perfil de Bryn Gwyn y en los alrededores de Gaiman, habían comprobado que la columna estratigráfica del Neogeno marino allí aflorante tenía una notable continuidad vertical. Esta situación nos llevó a pensar que la diferenciación en Formaciones de alguna manera perdía sustento, criterio que nos acercó a la posición de Scasso y Del Río (1987) y Scasso y Castro (1999). La continuidad vertical de las icnoespecies, particularmente las de *Ophiomorpha nodosa*, nos indicaban que se estaba ante un único evento en el cual ambos términos estratigráficos representaban oscilaciones en un ámbito litoral. O sea que la visible variación cromática, y eventualmente litológica, más se debía a las características del material que las originó que a eventos eustáticos diferentes. Dicho de otra forma, la Formación Gaiman (*sensu* Haller y Mendía, 1980) debía sus caracteres a que su composición representaba la remoción y reciclaje de la Formación Sarmiento; mientras que en la Formación Puerto Madryn solo se acentuaban las características marinas. Este planteo nos llevó a sostener la conveniencia de que ambas sean nominadas como miembros de una única unidad estratigráfica.

Observando los caracteres bioestratigráficos de la secuencia se comprueba que la instalación del mar se inicia en una playa intermareal que pasa a submareal en los niveles portadores de *Ostrea máxima*. El carácter transgresivo no aparece reflejado con claridad en la litología, pero sí por la presencia de niveles con malacofauna y abundantes restos fósiles óseos de vertebrados marinos y dientes de tiburones. En esta unidad es notoria la presencia de *Ophiomorpha* que, como se conoce, es representativa de zonas intermareales hasta submareales. Se interpreta que esta estructura puede ser originada por el modo de vida de un grupo de decápodos, del grupo de los tallasínidos, cuya actividad sobre el bentos es mayor en la marea alta, mientras que en la baja la intrincada red de tubos les sirve de refugio y también para reproducción y desarrollar gran parte de su actividad vital.

De allí que la continuidad de este icnogénero a lo largo de la columna estratigráfica nos lleve a pensar que en ella solo se está ante una ligera fluctuación del nivel del mar o, dicho de otra

manera, frente a variaciones de la línea de costa. Variaciones que, naturalmente, no debieron ser significativas. Debemos recordar que para Bellosi (1996) las grandes ostras que caracterizan a determinados niveles de la Formación Chenque, en Comodoro Rivadavia, no solo se ubican topográficamente en la zona litoral, sino que en muchos casos representan verdaderos biohermos originados en zona de manglares, detrás de la línea de mar. Interpretaciones de este tipo son concordantes con las de Scasso y Castro (1999) en el sentido que la unidad Gaiman se inicia en un frente de playa y aguas poco profundas con abundantes niveles de tempestitas para cerrar en niveles de tipo estuarino. La continuidad de las *Ophiomorpha* nos indica que nunca se retiró el mar ya que los niveles de *Ostrea madrina* del techo solo indican la instalación de un refluo marino, por ejemplo una albufera salobre, siempre en el ámbito litoral.

La icnocenosis, sigue siendo característica de zonas inter a submareales: *Ophiomorpha*, *Thalassinoides*, *Skolithos* y *Rosselia* son elementos visibles en determinados niveles. La continuidad lateral de las zonas bioturbadas es relativamente corta aunque a todas se las reconozca en posición estratigráfica variable. Este detalle es indicativo que la zona fue litoral y que como tal, estuvo sujeta a profundizaciones o somerizaciones en gran parte regidas por la dinámica costera. La relativa abundancia de *Skolithos* y *Ophiomorpha* en facies de arenas finas, con una relativa buena selección indica que se está en ámbitos de playas abiertas en el frente marítimo; mientras que los *Thalassinoides*, normalmente presentes en bancos más arcillosos nos pueden indicar que estas condiciones han variado, por la presencia de dunas o barras que limitaron la energía de las aguas. Situaciones de este tipo se han comprobado en las trazas de la Formación Paraná, en el sentido que la paleogeografía, de alguna manera, condicionó la presencia de algunas icnoespecies (Aceñolaza y Aceñolaza, 2000).

Por último debemos señalar que la asociación de trazas nada nos dice sobre la cronoestratigrafía de la secuencia ya que, en su totalidad, son formas de amplio rango temporal. Creemos que el debate debe hacerse con la abundante micro y megafauna presente en esta secuencia.

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. y Aceñolaza G.F., 2000. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 64: 209-233.
- Aceñolaza, F.G. y Fernández, R.I., 1984. Nuevas Trazas Fósiles en el Paleozoico Inferior del Noroeste Argentino. *Actas del 3º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 1: 13-28.
- Aceñolaza, F.G., Fernández, R.I. y Manca, N., 1982. Caracteres bioestratigráficos y paleoambientales del Grupo Mesón (Cámbrico medio-superior), Centro-Oeste de América del Sur. *Estudios Geológicos*, 38: 385-392.
- Aceñolaza, F.G., Lech, R.R. y Grizinik, M., 1998. Icnofacies *Skolithos-Ophiomorpha* en el Terciario marino del valle inferior del río Chubut. *3º Jornadas de Comunicaciones de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán*, Resúmenes: 100.
- Alpert, S.P., 1974. Systematic review of the genus *Skolithos*. *Journal of Paleontology*, 48: 661-669. Tulsa.
- Ameghino, C., 1890. Exploraciones geológicas en Patagonia. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino*, 11(1): 3-46.
- Ameghino, F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 6: 1-1028.
- Ameghino, F., 1894. Énumération synoptiques des espèces de mammifères fossiles des formations éocènes de patagonie. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 13: 259-452 (1892-3).
- Ameghino, F., 1897. Mammifères crétacés de l'Argentine. Deuxième contribution à la connaissance de la faune mammalogique des couches à *Pyrotherium*. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino*. XVIII.
- Ameghino, F., 1898. Sinopsis geológica-paleontológica. *Segundo Censo de la República Argentina*. 1. Buenos Aires.
- Ameghino, F., 1906. Les formations sédimentaires du Crétacé supérieur et du Tertiaire de Patagonie avec une parallèle entre leurs faunes mammalogiques et celles de l'ancien continent. *Annales del Museo Nacional de Historia Natural*, 15 (3ª serie): 1-568.

- Bellosi, S., 1996. Arrecifes de ostras gigantes en depósitos de albufera de la Formación Chenque (Mioceno Inferior, Cuenca San Jorge). *6º Reunión Argentina de Sedimentología Actas: 175-180. La Plata.*
- Billings, E., 1862. New species of fossil from different parts of the Lower, Middle, and Upper Silurian rocks of Canada. En: *Palaozoic Fossils (1861 - 1865). Geological Survey of Canada*, 1: 96-168. Canadá.
- Bravard, A., 1858. *Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná*. Impresión Registro Oficial, 107 pp. (Reimpresión Imprenta del Congreso de la Nación Argentina, 1995).
- Bromley, R.G., 1967. Some observations on burrows of thalassinidean Crustacea in chalk hardgrounds. *Geological Society of London, Quarterly Journal*, 123: 157-182.
- Buatois, L.A. y López Angriman, A.O., 1992. The ichnology of a submarine braided channel complex: the Whisky Bay Formation, Cretaceous of James Ross Island, Antarctic. *Palaogeography, Palaeodimatology, Palaeoecology*, 94: 119-140.
- Burmeister, 1876. Description Phisique dela Republica Argentina, Climatologie et Tableau géognostique, 2: 1-412. París.
- Crimes, T.P., 1977. Trace fossils of an Eocene deeps-sea sand fan, northern Spain. En: Crimes, T.P. y Harper, J.C. (Eds.). *Trace Fossils 2. Geological Journal, Special Issue* 9: 71-90.
- Dahmer, G., 1937. Lebensspuren aus dem Taunusquarzit udn den Siegerner Schichten (Unterdevon). *Preussischen Geologischen Landesanstalt zu Berlin, Jahrbuch* 1936, 57: 523-539.
- Darwin, Ch., 1846. *Geological observations of coral reefs, volcanic islands and on South America.*
- Del Río, C.J., Martínez, S. y Scasso, R.A., 1999. Reconstrucción de las asociaciones de invertebrados bentónicos de la Formación Puerto Madryn (Mioceno) en Península Valdés (Provincia del Chubut). *14º Congreso Geológico Argentino*, 1: 47. Salta.
- Döering, A., 1882. Informe Oficial de la Comisión Científica agregada al estado mayor general de la expedición al Río Negro (Patagonia), Buenos Aires, Entrega 3, Geología.
- Ehrenberg, K., 1944. Ergänzende Bemerkungen zu den seinerzeit aus dem Miozän von Burgschleinitz beschriebenen Gängen und Bauten dekapoder Krebse. *Paläontologische Zeitschrift*, 23: 354-359.
- Fedonkin, M.A., 1985. Paleochology of Vendian Metazoa. En B. Sokolov y M. Ivanovsky (Eds.) *The Vendian System: Historic - geological and palaeontological basin*. 1: 112-116.
- Feruglio, E., 1949, 1950. Descripción Geológica de la Patagonia. *Dirección General Yacimientos Petrolíferos Fiscales*. Tomos I, II y III.
- Fitzgerald, P.G. y Barret, P., 1986. *Skolithos* in a Permian braided river deposit, southern Victoria Land. Antarctica. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 52: 237-247.
- Fillion, D. y Pickerill, R.K., 1990. Ichnology of the Lower Ordovician Bell Island and Waban Group of Eastern Newfoundland. *Palaentographica Canadiana*, 7. 1-119.
- Franchi, M. Haller, M. , Lapido O.; Page, R. y Pesce, A. 1975 Geología de la región nororiental de la provincia de Chubut, República Argentina. *Actas 2do Congreso Ibero-americano de Geología Económica*, 4, 125-139.
- Frenguelli, J., 1926. El Entrerriense del Golfo Nuevo en el Chubut. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 29: 191-270. Córdoba.
- Frenguelli, J., 1935. El perfil de Gaiman. *Notas del Museo de La Plata*, 1 (Geología, 1): 177-192.
- Frey, R.W. y Howard, J.D., 1985. Trace fossils from the Panther Member, Star Point Formation (Upper Cretaceous), Coal Creek Canyon, Utha. *Journal of Paleontology*, 59 (2): 370-404.
- Frey, R.W., Howard, J.D. y Pryor, W.A., 1978. *Ophiomorpha*: ist morphologic, taxonomic and environmental significance. *Palaeclimatology, Palaogeography, Paleoecology*, 23: 199-229. Amsterdam.
- Fürsich, F.T., 1974. Ichnogenus *Rhizocarallium*. *Paläntologische Zeitschrift*, 48: 16-28.
- Fürsich, F.T., 1981. Invertebrate trace fossils from the Upper Jurassic of Portugal. *Comunicações Servicos Geológicos de Portugal*, 67: 1153-168.
- Haldeman, S.S., 1840. Supplement to number one of "Amonograph of the Limniades, and other freshwater univalve shells of North America", containing descriptions of apparently new animals in different classes, and the names and characters of the subgenera in *Paludina* and *Anaulosa*: 3p.
- Hallam, A. y Swett, K., 1966. Trace fossils from the Lower Cambrian Pipe Rock of the north-west Highlands. *Scottish Journal of Geology*, 2: 101-106.
- Haller, M., 1979. Estratigrafía de la región al poniente de Puerto Madryn, Provincia del Chubut, República Argentina. 7º Congreso Geológico Argentino, 1: 285-297. Neuquen, 1978.
- Haller, M. y Mendía, J., 1980. Las sedimentitas del ciclo Patagoniano en el litoral atlántico nordpatagónico. En: Mendía, J.E. y Bayarsky, A., 1981. Estratigrafía del Terciario en el valle inferior del río Chubut. *Actas del 8º Congreso Geológico Argentino*, 3: 593-606.
- Haq, B., Hardenbol, J. y Vail, P., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. En: Wilgus, Ch. y otros (Eds.) *Sea level changes: An integrated approach*. SEPM Sp. Publ., 42: 71-108.
- Howard, J.D., 1966. Characteristic trace fossils in Upper Cretaceous sandstones of the Book Cliffs and Wasatch Plateau. *Utha Geological and Mineralogical Survey, Bulletin* 80: 35-53.
- Howard, J.D. y Frey, R.W., 1975. Regional animal-sediment characteristics of Georgia estuaries. *Senckenbergiana Maritima*, 7: 33-103.

- Howard, J.D. y Frey, R.W., 1984. Characteristic trace fossils in nearshore to offshore sequences, Upper Cretaceous of east-central Utah. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21: 200-219.
- Ihering, H. von 1907. Les Mollusques fossiles du Tertiaire et du Cretacé Supérieur de l'Argentine. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural*. Serie 3 (7): 1-611.
- Lech, R.R. y Buatois, L., 1990. Trazas fósiles del Pérmico marino de la Precordiller mendocina, República Argentina. 5º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Serie de Correlación Geológica, 7: 97-101.
- Lesquereux, L., 1876. Species of fossils marine plants from the Carboniferous measures. *Indiana Geology Survey, Annual Report*, 7: 134-145.
- Lundgren, B., 1891. Studier öfver fossilförande lösa block. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 13: 111-121.
- Mángano, G. y Buatois, A., 1994. Trazas fósiles e icnofábricas en depósitos carbonáticos cretácicos, Las Cuevas, alta cordillera de Mendoza. *Ameghiniana*, 31 (1): 55-66.
- Mendía, J.E. y Bayarsky, A., 1981. Estratigrafía del Terciario en el valle inferior del río Chubut. *Actas del 8º Congreso Geológico Argentino*, 3: 593-606.
- Nicholson, H.A., 1873. Contributions to the study of the errant annelides of the older Palaeozoic rocks. *Royal Society of London Proceedings*, 21: 288-290.
- Nicholson, H.A., 1873. Contributions to the study of the errant annelides of the older Palaeozoic rocks. *Royal Society of London Proceedings*, 21: 288-290.
- d'Orbigny, A., 1842. *Voyage dans l'Amérique méridionale (le Brésil, la République orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivie, la République du Pérou) exécuté pendant les années 1826, 1827, 1829, 1830, 1831, 1832, et 1833*: v. 3, pt. 4 (Paléontologie), 188 p., 22 pl. Pitois - Levrault, Paris.
- Ortman, A., 1902. Tertiary Invertebrate. *Deposits of the Princ. Univ. Expt. Patagonia*, IV, 2.
- Pemberton, S.G. y Frey, R.W., 1982. Trace fossil nomenclature and the *Planolites* - *Palaeophycus* dilemma. *Journal of Paleontology*, 56: 843-881. Tulsa.
- Pemberton, S.G. y Jones, B., 1988. Ichnology of the Pleistocene Ironshore Formation, Gran Cayman Island, British West Indies. *Journal of Paleontology*, 62 (4): 495-505.
- Pemberton, S.G., Frey, R.W. y Bromley, R.G., 1988. The ichnotaxonomy of *Conostichus* and other plug-shaped ichnofossils. *Canadian Journal Earth Sciences*, 25 (6): 866-892.
- Pemberton, S.G., Van Wagoner, J.C. y Wach, G.D.; 1992. Ichnofacies of a wave-dominated shoreline. En Pemberton, S.G., 1992. Application of Ichnology to Petroleum Exploration. *SEPM Core Workshop* 117: 339-382.
- Ranger, M.J. y Pemberton, S.G., 1988. Marine influence on the Mc Murray Formation in the Primrose area, Alberta. En: D.P. James y D.A. Leckie (Eds.). *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: surface and sub-surface*. Canadian society of Petroleum Geologist, 15: 439-450.
- Rieth, A., 1932. Neue Funde spongeliomorpher Fucoiden aus dem Jura Schwabens. *Geologische und Palaeontologische Abhandlungen, new series*, 19: 257-294.
- Rovereto, G., 1921. Studi di Geomorfologia Argentina: V, La penisola Valdéz. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 40: 1-47.
- Ruppert, E.E. y Barnes, R.D., 1996. *Zoología de Invertebrados*. Mc Graw-Hill Interamericana, sexta edición: 1114 p.
- Scasso, R. y Castro, L., 1999. Cenozoic phosphatic deposits in North Patagonia, Argentina: phosphogenesis, sequence stratigraphy and paleoceanography. *Journal of South American Earth Sciences* 12: 471-487.
- Scasso, R. y Del Río, C., 1987. Ambiente de sedimentación, estratigrafía y proveniencia de la secuencia marina del Terciario superior de la región de península de Valdés. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 42 (3-4): 291- 321. Buenos Aires.
- Sheenan, P.M. y Schiefelbein, D.R.J., 1984. The tracefossil *Thalassinoides* from the Upper Ordovician of the eastern Great Basin: deep burrowing in the early Paleozoic. *Journal of Paleontology*, 58: 440-447.
- Wilckens, O., 1905. Die Meeresablagerungen der Kreide und Tertiärformation in Patagonien. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 21.
- Windhausen, A., 1919. Rasgos de la historia geológica de la planicie costanera en la Patagonia septentrional. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 23: 319-364.
- Windhausen, A., 1921. Informe sobre un viaje de reconocimiento geológico en la parte Nordeste del territorio del Chubut, con referencia especial a la cuestión de la provisión de agua de Puerto Madryn. *Boletín del Ministerio de Agricultura de la Nación*, 24, serie B, Geología: 9-72.

Recibido: 28 de mayo de 2000

Aceptado: 15 de noviembre de 2000

El terciario de la Puna en tiempos de la ingresión marina paranense

Ricardo N. ALONSO¹

Abstract - THE TERTIARY OF THE PUNA REGION DURING THE PARANENSE MARINE INGRESSION. I report here the situation of the Puna region during the Miocene marine ingression known as paranense. Also, I make an update of the discussion related with the timing and distribution of the Parana and Pebasian seas in the Andean foreland. The Tertiary pos-Incaic rocks of the Puna region are related with main cycles: red-beds (Eocene s.l.), formed during a foreland stage previous to the marine ingression and clastic and evaporites deposits with interlayered tuffs (Neogene). These deposits are widely distributed and lie in angular unconformity on Paleozoic rocks (Ordovician). The Eocene red beds were deposited in an exorreic environment, with Atlantic drainage, in a benign climate, and contain a fauna of primitive mammals associated with turtles and crocodiles. The Neogene rocks, synchronic with the Miocene marine ingression, were deposited in a tectonic setting of intra-arc/intra-plateau, in an arid climate and have important concentrations of evaporites (halite, gypsum and borate). The Puna Tertiary rocks contain the most important borate deposits of South America deposited during the Late Miocene (6 ± 1 Ma). The region was in elevation at the time that the paranense marine ingression covered widely the interior of the Argentine Republic. Pebasian and Parana seas reflect tectonic-loading subsidence of the Andean foreland related to important Miocene shortening. The coincidence of this shortening with the 12 Ma high stand of sea level controlled the marine flooding of most of the South America foreland basins. The Quechua tectonic front during the Miocene was an effective barrier to isolate the Puna during the marine ingression.

Key words: Puna. Miocene. Pastos Grandes Group. Marine ingression. Anta Formation.

Palabras clave: Puna. Mioceno. Grupo Pastos Grandes. Ingresión Marina. Formación Anta.

Introducción

En este trabajo se intenta reflejar lo que acontecía en la región de la Puna y sus alrededores al tiempo de la ingresión marina paranense. El primer intento en este sentido fue realizado por Jordan y Alonso (1987), cuando todavía se tenían ideas muy vagas sobre la cronología de las rocas terciarias andinas. Desde entonces, los trabajos de numerosos autores en orden a datar las rocas terciarias de la Puna llevó a comprender mejor el ritmo de evolución de las cuencas durante el levantamiento andino. La bibliografía sobre las rocas terciarias de la Puna y sus áreas vecinas ha crecido de manera vertiginosa en los últimos años, más aún si se tiene en cuenta que estas rocas son la clave para comprender el origen y formación del orógeno centroandino. Algunos de los principales trabajos de síntesis sobre el tema son los de Jordan y Alonso (1987), Starck y Vergani (1996), Salfity *et al.* (1996), Hernández *et al.* (1999) y Bossi *et al.* (1999). Por su parte el Terciario de la Puna ha recibido la atención de numerosos investigadores desde fines del siglo pasado. La mayoría de los viajeros y naturalistas decimonónicos hicieron alusión a esas rocas (von Tschudi; San Roman, Sundt, Bertrand, Brackebusch, etc.). Sin embargo las primeras sistematizaciones comenzaron con los levantamientos de hojas geológicas, en especial los trabajos de Turner (1960, 1964) en la Hoja Nevado de Cachi y Vilela (1969) con la hoja San Antonio de los Cobres. Recientemente, los avances han sido aún mayores gracias al Programa Nacional de Cartas Geológicas 1:250.000 de la Secretaría de Minería de la Nación que ha dado a conocer

¹ UNSa- CONICET. Buenos Aires 177, 4400-Salta, R. Argentina - E-mail: rnalonso@unsa.edu.ar

para el área de la Puna las nuevas hojas San Antonio de los Cobres (Blasco *et al.*, 1996) y Cachi (Hongn *et al.*, 1998). Otros investigadores que se han referido al terciario de la Puna son: Alonso *et al.*, 1984; Alonso y Gutierrez, 1986; Alonso, 1992; Donato, 1987; Donato y Vergani, 1985, 1988; Jordan, 1984; Jordan y Alonso, 1987; Kookharsky, 1988; Pascual, 1983; Pratt, 1961; Salfity *et al.*, 1984; Vandervoort, 1993 y Vandervoort, *et al.*, 1991, 1992, 1995; Alonso (1999).

Marco geológico y geotectónico

La región conocida en el ámbito sudamericano como el Altiplano-Puna tiene unos 2000 km de largo por unos 300 km de ancho y 3.7 km de elevación promedio; este domina la fisiografía de los Andes Centrales. El plateau se formó en un orógeno compresional no-colisional durante el Cenozoico tardío (Vandervoort *et al.* 1991). El levantamiento está relacionado a la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa continental Sudamericana (Jordan *et al.*, 1983). La Puna es definida como una única entidad morfotectónica dentro del orógeno andino, en regiones de una elevación promedio superior a los 3 km con drenaje interno (Allmendinger, 1986; Jordan y Alonso, 1987; Isacks, 1988). La Puna suprayace al segmento que inclina unos 30°E de la placa de Nazca. Al norte de los 12° S y al sur de 28° S el plateau desaparece en razón de que la placa subduce subhorizontalmente (Jordan *et al.*, 1983). Ello corresponde a los segmentos de "flat slab regions". Dentro de la Puna austral, la combinación de las cadenas volcánicas y los bloques estructurales elevados crean numerosas subcuencas hidrológicas. Pratt (1961) y Jordan y Alonso (1987) reconocieron que el levantamiento terciario de las cadenas montañosas a lo largo de fallas inversas produjo la morfología tipo "basin-range" de esta región, aunque debe aclararse que el verdadero "basin and range" de Estados Unidos es una región de régimen tectónico extensional. Entre las cadenas montañosas intraplateau de la Puna austral se encuentran cuencas sedimentarias que son sitios propicios para la acumulación activa de sedimentos. Un estudio comparativo acerca de la estructura de la comarca y el sistema tipo "basin and range" del sudoeste de Estados Unidos ha sido elaborado por Pratt (1961). Extensos salares conforman las porciones hidrológicamente más inferiores de esas cuencas. Secciones superiores a los 5 km de estratos neógenos están presentes en las proximidades de las superficies depositacionales modernas (Jordan y Alonso, 1987; Alonso *et al.*, 1991). Ellos ocurren como relictos a lo largo de las márgenes del salar o como levantamientos intracuencas dentro de los salares. Existe una marcada similitud entre los sedimentos modernos y los estratos neógenos. El relleno neógeno de la cuenca consiste de evaporitas y material clástico aluvial con depósitos tobáceos subordinados (Alonso, 1986; Jordan y Alonso, 1987; Alonso *et al.*, 1991). La composición de los salares refleja ampliamente que los solutos han derivado de fuentes volcanogénicas. La meteorización de las rocas volcánicas y los fluidos provenientes de sistemas hidrotermales han sido hipotetizadas como dos fuentes importantes para los solutos de la Puna (Alonso, 1986; Alonso *et al.*, 1991). La ausencia de estratos evaporíticos pre-neógenos de la Puna austral (Amengual *et al.*, 1979) excluye al reciclamiento de evaporitas viejas como una fuente significativa de material para las evaporitas neógenas.

Cuencas sedimentarias del plateau altiplano-puna

En un reciente trabajo, Allmendinger *et al.* (1997) enfatizan que la historia de la subsidencia de las cuencas puede proveer pistas de la evolución de la deformación, mecanismos de movimiento vertical, y la emergencia y erosión de las áreas de aporte. Tomamos los conceptos de estos autores quienes sostienen que las historias y escalas de las cuencas en los segmentos Puna y

Altiplano indican tiempos diferentes de deformación y controles diferentes sobre la subsidencia en las dos áreas. Los estratos del Cenozoico medio-tardío comprenden cuatro intervalos estratigráficos principales, de los cuales los dos primeros se encuentran en la Puna y el Altiplano, mientras que los otros dos, de edad Mioceno-Plioceno, difieren entre aquellas provincias y sugieren una divergencia en los procesos formadores de la cuenca.

La unidad regionalmente más extendida es la más antigua: una suite de capas rojas que alcanzan unos 5 km de espesor y abarca el Paleoceno tardío hasta el Oligoceno (Alonso *et al* 1991, Kennan *et al* 1995, Sempere 1995, Vandervoort 1993). Estas unidades pueden haberse acumulado en una cuenca de antepaís (Sempere 1995) que estuvo asociada primero con la deformación Incaica al oeste de la cuenca (aproximadamente 38 Ma), y después con una fase temprana de deformación hacia el este (Kennan *et al* 1995, Sempere 1995).

La segunda unidad sería lateralmente más extensa aunque está muy pobremente descrita; comprende areniscas rojas del Mioceno y fangolitas rojas asociadas con basaltos y tobas dacíticas (con edades de 23-21 Ma). Estos estratos pueden tener menos de 1 km de espesor, aunque son reconocidos desde al menos el sur del Altiplano hasta el sur de la Puna (Kennan *et al* 1995, Vandervoort *et al* 1995). La química de los basaltos asociados sugiere una extensión litosférica por lo que de acuerdo con Allmendinger *et al.* (1997) la cuenca puede ser de origen termal, con modificaciones locales donde las fallas preexistentes fueron reactivadas.

Los estratos suprayacentes de los basaltos miocenos y las capas rojas son bastante variables espacialmente. En el sur del Altiplano están difundidas espesas pilas de clásticos del Mioceno medio-tardío. En la Puna austral hubo un hiatus hasta hace 15 Ma, cuando comenzó la acumulación de estratos marcadamente evaporíticos.

Dos depocentros en el Altiplano Central (sinclinal Corque y Tambo Tambillo) contienen 3-6 km de clásticos, con sólo algo de yeso, que abarca el Mioceno temprano y parte del Mioceno medio (Kennan *et al* 1995). La cuenca de Corque debió tener una superficie de al menos 10.000-20.000 km². La naturaleza estructural de estas cuencas no está bien definida. Debido a que la Cordillera Oriental y la parte más oriental del Altiplano fue un dominio de cabalgamiento vergente al Oeste durante este intervalo de tiempo (Kennan *et al* 1995), el Altiplano puede haberse comportado como una cuenca de antepaís, lo cual es consistente con la extensa área y con el espesor de los estratos del Mioceno temprano-medio. Las descripciones de rocas existentes sugieren que corrientes de bajo gradiente y lagos someros fueron comunes, aunque las condiciones no fueron las apropiadas para la generación de evaporitas.

Posteriormente a los 13 Ma, la acumulación de estratos sobre el Altiplano se caracterizó por unidades más delgadas (totalizan menos de 2.000 m) que son espacialmente variables. La inclinación progresiva de esas unidades indica también una historia complicada de deformación local. Mientras que el plegamiento parcial del sinclinal Corque ocurrió entre 15 y 9 Ma, el plegamiento principal ocurrió entre 9 y 5 Ma, y continuó después de 5 Ma (Kennan *et al* 1995). En el área de Tambillo, la deformación principal fue antes de los 13 Ma y las unidades más jóvenes que 13 Ma están suavemente rotadas (Kennan *et al* 1995). Si las cuencas del Altiplano (Mioceno medio) se formaron como cuencas de antepaís en respuesta al cabalgamiento en la Cordillera Oriental, el hecho que la deformación en la Cordillera Oriental cesó grandemente antes de 10 Ma puede explicar el cese evidente de la subsidencia de la cuenca en el Altiplano durante el Mioceno tardío y Plioceno.

La mayoría de lo que en el Altiplano constituye la tercera etapa estratigráfica, aparentemente es una discordancia en las cuencas de la Puna. Sin embargo, las cuencas sedimentarias del Cenozoico tardío en la Puna austral son notables por su grandes espesores (más de 5 km), dimensiones espaciales pequeñas, concentraciones económicas de evaporitas y continuación de

las condiciones formadoras de la cuenca hasta el presente (Alonso *et al.* 1991, Vandervoort 1993). Debido a que las secciones expuestas en los valles ahora separados son altamente diacrónicas (Alonso *et al.* 1991, Vandervoort *et al.* 1992), probablemente los estratos también se formaron en cuencas separadas. Las cuencas del Cenozoico tardío fueron en orden de magnitud en área más pequeñas que aquellas del Altiplano (Vandervoort 1993). Las sierras que flanquean esas cuencas fueron experimentando cabalgamiento y plegamiento antes y contemporáneamente con la subsidencia del Mioceno medio-tardío. En las regiones adyacentes y entre las cuencas de Pastos Grandes, Hombre Muerto y Siete Curvas (Marret *et al.* 1994), mostraron que el cabalgamiento y plegamiento estuvo activo durante el Mioceno medio, y continuó durante el Mioceno tardío y Plioceno.

Los depósitos espacialmente discontinuos y diacrónicos de las cuencas de la Puna, y sus tamaños pequeños, sugieren que la subsidencia fue controlada por relaciones estructurales locales. Los mecanismos formadores de cuenca más plausibles serían la rotación de bloques en los pisos de las fallas inversas que limitan las sierras y la subsidencia sinclinal, con quizás algo o sin ninguna subsidencia flexural. En adición, el taponamiento del drenaje causado por actividad volcánica y crecimiento anticlinal contribuyó al endorreísmo y acumulación de sedimentos.

La ingresión marina paranense

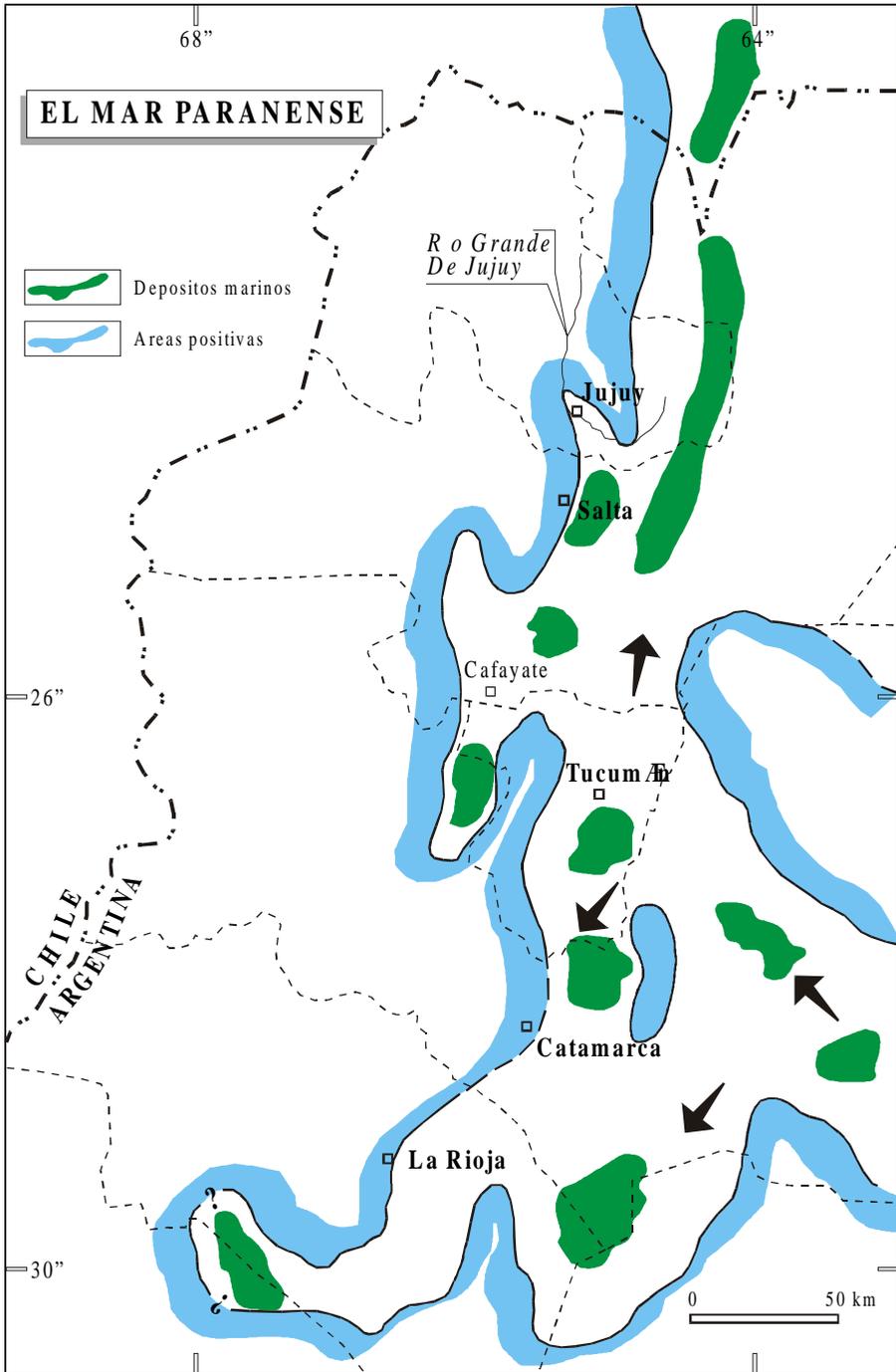
A los fines de darle un marco adecuado a este trabajo se reproducen algunos de los conceptos fundamentales desarrollados originalmente por Ramos y Alonso (1995) para explicar e historiar la presencia del mar mioceno en el interior de la Argentina. Desde entonces, hubo nuevas contribuciones entre las que se destacan la de Hoorn *et al.* (1995), Hoorn (1996), Paxton y Crampton (1996), Marshall y Lundberg (1996), Räsänen y Linna (1996), Lovejoy *et al.* (1998) y Bossi *et al.* (1999). Merecen destacarse los trabajos llevados a cabo por I. Gavriloff (Instituto M. Lillo) quién ha investigado puntualmente el tema de la ingresión marina paranense (Gavriloff, 1990; Gavriloff y Bossi, 1992 a, b; 1998; Gavriloff, 1999).

El estudio histórico sobre la edad y el contenido fosilífero de la Formación Paraná fue llevado a cabo por Aceñolaza (1976). El hallazgo de capas marinas en el norte Argentino se debe a los estudios de Roth (1908), quien mediante sondeos para la búsqueda de agua en la localidad de Selva, Santiago del Estero, interpretó la existencia de brazos de mar procedentes de la costa atlántica.

El primero en sospechar una conexión preandina para las ingresiones patagónicas, dado que aparecían faunas de afinidades de las Antillas y del Brasil septentrional en las formaciones marinas del Paraná en Entre Ríos fue von Ihering (1919). Este autor postuló posteriormente la necesidad de un brazo de mar que comunicara el sector patagónico con el sector caribeño dada las afinidades faunísticas entre ambas regiones y sus diferencias con la costa atlántica brasileña (von Ihering, 1927).

Desde los primeros estudios de Bonarelli (1914) se conocen en la base del Terciario Subandino la presencia de «unas capas de color gris, arcilloso arenosas algo calcáreas que contenían con extrema abundancia individuos de un pequeño lamelibranquio del cual podemos decir que mucho se parece... a ciertos lamelibranquios ya observados por Stelzner, Bodenbender y otros en las regiones interandinas de las provincias de Tucumán, Catamarca, y La Rioja» (Bonarelli, 1921, p. 79).

Estos estudios fueron complementados con los de Stappenbeck (1926) quien describe en el subsuelo de Santa Fe, y desde allí a la región pampeana de Córdoba, el desarrollo del piso de



Posible distribución del Área marina del Mioceno, según Ramos y Alonso (1995).

Paraná, y como este se acuña hacia el oeste en las inmediaciones de Córdoba.

Ya Windhausen (1931, p. 384) había destacado que el mar paranense era "1a formación marina de mayor extensión en territorio argentino». Este autor la extiende hasta las estribaciones de la Cordillera y las Sierras Pampeanas. A partir de este autor, y en especial de su bosquejo paleogeográfico de la ingresión paranense, quedó claro que un brazo de la misma había alcanzado la localidad de Santa María, en Catamarca (Windhausen, op.cit., figura 164). Este bosquejo paleogeográfico fue en gran parte confirmado por Camacho (1967), para quien la ingresión miocena alcanzó desde Santiago del Estero hasta el Paraguay.

La ingresión paranense en el norte argentino. El hallazgo de foraminíferos marinos y restos de peces por Russo y Serraiotto (1978) en el noroeste Argentino en capas consideradas actualmente como pertenecientes a la Formación Anta, les permitió a estos autores inferir una posible vinculación con el mar paranense, y correlacionarlo con la Formación Yecua de Bolivia.

En la región del valle de Santa María, Palma (1978) vuelve a mencionar foraminíferos en las capas con *Corbicula stelzneri* correspondientes a su Formación San José. Estos fueron encontrados por Herbst y estudiados por Bertels y Zabert (1978) y Zabert (1982). El estudio micropaleontológico demuestra sus afinidades con los de la Formación Paraná documentando el nexa entre ambas unidades.

Los estudios sedimentológicos de Bossi y Palma (1982) identifican foraminíferos de aguas de salinidad variable, aunque relacionados con ambientes marinos tanto en Catamarca como en Tucumán. Las facies consistentes en pelitas calcáreas, calizas estromatolíticas, con pelecípodos y gastrópodos, parecen indicar la presencia de una extensa franja litoral expuesta a las mareas extraordinarias, relacionadas hacia el este con la ingresión marina de la Formación Paraná.

Recientemente estos datos fueron parcialmente confirmados por Gavrilof (1990) y por Cione *et al.* (1995). Estos últimos autores, tomando como referencia la ictiofauna conocida en la base de la Formación Anta, sostienen que si bien los peces son de agua dulce, podrían estar relacionados a los ambientes de sabkha marginales de la ingresión paranense. Aparentemente el ascenso del nivel de base controló el anegamiento de la cuenca imbrífera, favoreciendo el desarrollo de cuerpos de agua dulce en las regiones litorales.

La paleogeografía marina miocena. Sobre la base de estos estudios se puede intentar reconstruir la ingresión paranense en el noroeste Argentino. Es evidente que, como lo sustentara Windhausen (1931), el mar paranense invadió esta región a través de una serie de brazos. Una reconstrucción más actualizada de esta paleogeografía para el Mioceno la presentan Uliana y Biddle (1988).

La figura representa el margen occidental del mar paranense en el noroeste argentino. El brazo principal de la ingresión marina entró a través de la depresión de los ríos Salado y Dulce por Santiago del Estero. La sierra de Guasayan quedó como un elemento positivo, en cuyo sector occidental se preservaron depósitos con microfauna marina.

Esta ingresión se extendió hacia el sur alcanzando las Salinas Grandes y hacia el norte a ambos lados del Aconquija como lo propusieron Gavriloff y Bossi (1992). La rama más occidental se extendió por el valle de Santa María a los Valles Calchaquíes y está representada por la Formación San José (Palma, 1978). La rama oriental se extendería desde Tucumán, donde está caracterizada por las facies lacustres de la Formación Río Sali hacia el norte, inmediatamente al este y sur de la ciudad de Salta. En estos sectores estaría representada por la Formación Anta de Gebhard *et al.* (1974), que aflora en el flanco oriental de la sierra de Mojotoro y desde el dique de Cabra Corral al sur hasta proximidades de Alemania. Estudios magnetoestratigráficos, apo-

yados por dataciones en niveles de tobas, circunscriben el intervalo de estabilidad que se asocia a esta ingesión marina en el norte de Salta entre los 13,0 y 10,6 Ma (Hernández *et al.*, 1991).

Este brazo seguiría por las Sierras Subandinas continuándose a través de la serranía de Bermejo en territorio boliviano. De acuerdo a Ayaviri (1967) esta unidad podría correlacionarse con la Formación Yecua. En la serranía de Aguaragüe entre Ojo de Agua y el límite argentino está constituida por 35 a 110 m de areniscas gris blanquecinas y pelitas gris verdosas y marrón rojizas de fina estratificación que contrasta con las unidades infra y suprayacentes. Esta unidad continúa hacia el norte de Santa Cruz de la Sierra, en típicas facies de pelitas verdes portadoras de foraminíferos (Marshall *et al.*, 1993).

El mar de Amazonas y el mar Paranense. Los estudios de foraminíferos del Atlántico sudoccidental de Boltovskoy (1979 y 1991), mostraron también sobre la base de las afinidades faunísticas, la conexión de la cuenca chacoparanense con la región del Caribe, ya propuesta por von Ihering (1927) a través de su llamada «Manga del Thetys». Si bien Räsänen *et al.* (1995) al describir los depósitos marinos de la cuenca de antepaís amazónica y sus vínculos caribeños tienen dudas con respecto al sincronismo de los mismos con la ingesión paranense, dado que correlacionan la Formación Solimoes con la edad mamífero Huayqueriense entre 10 y 8 Ma. Sin embargo, como lo destacara Webb (1995) es más probable que los pequeños roedores y perezosos primitivos de esa región, se correspondan mejor con la edad Chasicense. Ello implicaría una edad correlacionable con el nivel alto del mar de los 12 Ma de acuerdo con lo postulado por Haq *et al.* (1987). El mar amazónico sería por lo tanto exactamente equivalente al mar paranense, si se acepta la correlación con las edades entre 13,0 y 10,6 Ma de Hernández *et al.* (1991).

Es notable que además del vínculo preandino con el Caribe ha existido también una conexión a través de la depresión del Amazonas con el Atlántico del norte de Brasil. El desarrollo de la Manga de Tethys a través de las cuencas de antepaís de los Andes, entre los 10 y 12 Ma, está mostrando la importante subsidencia por apilamiento tectónico registrada como consecuencia de las distintas fases compresivas que se agrupan complexivamente en la fase Quechua. A su vez muestra que la parte oriental del edificio andino no estaba levantada, dado que ha permitido el ingreso del mar mioceno durante el alto eustático de los 12 Ma.

Controversias sobre la edad y la extensión de la ingesión marina. El ingreso del mar en América del Sur durante el Mioceno ha dado lugar a una larga controversia sobre el verdadero alcance de su extensión y su ubicación cronológica precisa (Bossi *et al.*, 1999). Esto ha tenido que ver por un lado con la edad de las formaciones portadoras de los niveles marinos (Fm. San José, Fm. Río Salí, Fm. Anta, etc. en el norte argentino), Fm. Yecua en Bolivia y otras más al norte (e.g., Fm. Solimoes, Brasil). La Formación Yecua de Bolivia, compuesta litológicamente por margas verdes a negras con calizas subordinadas y un espesor máximo de 300 m, tiene un riquísimo contenido fosilífero que incluye foraminíferos, pelecípodos, gastrópodos, ostráocodos, cirrípodos, decápodos, huesos de vertebrados (un macrauquénido, un roedor, un armadillo y un notoungulado), peces, cangrejos, plantas, cocodrilos y tortugas (Marshall, *et al.*, 1993). Entre estos restos fósiles se encuentra el foraminífero *Ammonia beccarii* que sería indicador de un ambiente somero de aguas marinas con salinidad reducida. Este mismo foraminífero se encontró en la Fm. San José y prueba la conexión con Bolivia y el mar paranense (Bossi *et al.*, 1999). La edad de la Formación Yecua es muy discutida como surge de recientes trabajos. Marshall *et al.* (1993), la ubican en un rango cronológico entre 11 y 10 Ma, y plantean su extensión únicamente como una ingesión que desde territorio argentino ingresa hacia el norte siguiendo el borde

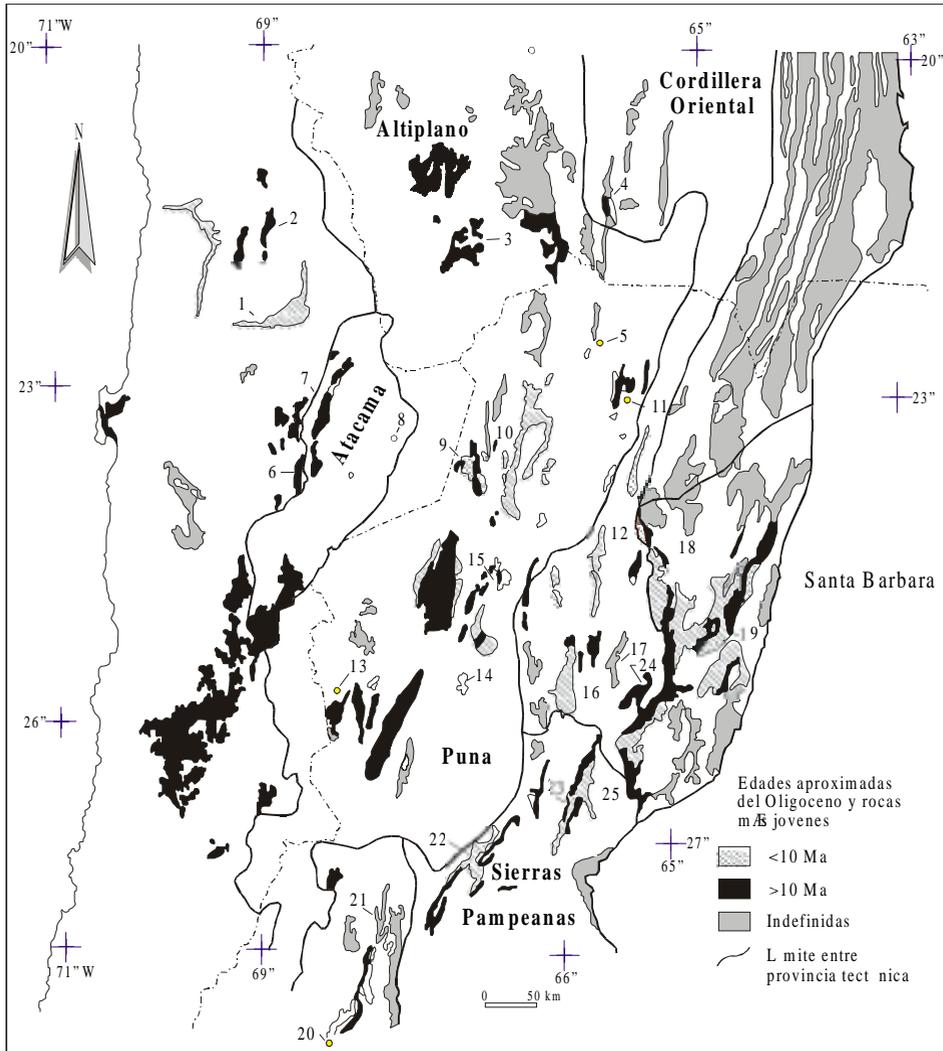
andino por el Oeste y abarcando parcialmente el centro de Argentina, el oeste de Uruguay y parte del Paraguay central. En trabajos compilados por Tankard *et al.* (1995), se puede ver la disparidad de edades con que aparece la Fm. Yecua según los distintos autores. Sempere (1995, figura 16, p.225) la ubica en 21 Ma. Baby *et al.* (1995, fig. 4, p. 449) la ubican en un rango entre 11 y 7,5 Ma. Welsink *et al.* (1995, fig. 4, p. 483), la ubican en 20 Ma. O sea que tenemos edades máximas de 21 Ma y mínimas de 7,5 Ma. Lovejoy *et al.* (1998) discuten la herencia marina que pueden tener hoy distintos representantes de la ictiofauna amazónica, utilizando secuencias genéticas de ADN de peces actuales (rayas). Para ellos, esa herencia se remonta claramente a las ingresiones marinas miocenas que tuvieron amplia distribución en el interior de América del Sur a las cuales ubican cronológicamente entre 23 y 15 Ma. Hoorn (1996) discute las conclusiones de Räsänen *et al.* (1995) en el sentido que los sedimentos que ellos estudiaron y que atribuyeron como de marea son en realidad fluviales y depositados por el antiguo río Amazonas. Bajo esa óptica considera altamente improbable la conexión caribeana planteada por esos autores. Asimismo señala que, sin dudas, hubo ingresiones marinas en el Amazonas durante el Mioceno temprano y medio pero no en el Mioceno superior y que de todas formas las primeras no alcanzaron para generar los brazos que postulan Räsänen y otros (*op. cit.*), lo cual es más propio de la paleogeografía cretácica que de la miocena. Paxton *et al.* (1996), discuten el valor de la ictiofauna aportada por Räsänen *et al.* (1996) y concluyen que en todos los casos se trata de peces de agua dulce incluso una especie de tiburón toro llamada *Carcharinus leucas* que es eurihalina y que incluso vive en el alto Amazonas. Luego discuten la pertenencia a depósitos de marea a los descriptos por Räsänen y colaboradores y dan numerosos argumentos para probar su pertenencia como fluviales tal como lo plantea también Hoorn (1996). Finalmente, Paxton *et al.* (1996), sostienen que una inundación marina para formar el mar amazónico, debería estar relacionada -antes que con los altos eustáticos de la curva de Haq *et al.* (1987)- con mecanismos tectónicos, tales como carga litosférica por la cuña orogénica andina o una topografía dinámica relacionada a la subducción andina, o ambos actuando en conjunto. Marshall y Lundberg (1996) discuten el alcance de las ingresiones de los mares Pebasiano (o Amazónico) y Paranense, a los cuales asocian con el ingreso del mar en grandes cuencas estructurales. Con respecto a los sedimentos de marea de Räsänen (*op. cit.*), concluyen que desde el momento que los mismos son ritmicos, y que estas pueden formarse también en aguas dulces, luego no pueden utilizarse las mismas para inferir salinidad. Para Marshall y Lundberg (*op. cit.*) la ingresión hay que buscarla en los mecanismos tectónicos más que en los altos eustáticos como apuntaron también Paxton *et al.* (1996). Marshall y Lundberg (*op. cit.*) creen que las ingresiones marinas pebasiana y paranense estarían relacionadas con el episodio tectosedimentario Quechua que se inició a los 11 Ma, y que produjo carga tectónica en la Cordillera y subsidencia en el antepaís. A ello debió sumarse positivamente el alto eustático Serravaliano tardío que dio mayor entidad al evento transgresivo, tectónicamente inducido. Según los autores citados, la cuenca portadora de la ingresión fue un largo corredor al pie del frente Quechua de deformación que actuaba de límite oeste y los escudos brasilero y de Guayana que eran los límites orientales. De todas maneras, estos autores colocan un límite tectónico para el norte argentino demasiado al este para la edad de 11 Ma que ellos sostienen. El límite podría ser más parecido al propuesto por Ramos y Alonso (1995). Finalmente, con la deformación andina, que avanzó desde el oeste hacia el este, las capas marinas pebasianas y paranenses, fueron deformadas y elevadas por subsecuentes sobrecorrimientos. Lo que queda claro de las fuertes discusiones mantenidas por los autores antes mencionados en la revista Science, es que al presente no se sabe aún con certeza ni los mecanismos, ni la edad, ni la distribución total que tuvo la ingresión marina miocena en América del Sur. Lo importante de definir este límite es que éste tiene un gran valor para los estudios paleogeográficos de los Andes.

El Terciario de la Puna

La cuenca de Pastos Grandes. La cuenca de Pastos Grandes contiene la mejor expresión del desarrollo del Terciario en la Puna argentina y por ello se describe aquí sus principales formaciones aflorantes. Se ubica en el flanco sur del complejo volcánico Quevar y es el extremo norte de un valle que se extiende un centenar de kilómetros hasta finalizar en la caldera Galán. Limitando la cuenca de Pastos Grandes en el E y O se encuentran sierras levantadas por fallas inversas (Turner, 1964; Amengual *et al.*, 1979; Marret, 1990) compuestas por gneisses y granitoides Precámbricos, metaflysch de bajo grado (Precámbrico Superior), metaflysch ordovícico de bajo grado, granitoides ordovícicos y estratos terciarios antiguos (Fm. Geste). El complejo volcánico Quevar, que conforma un relieve estructural y volcánico al norte de la cuenca Pastos Grandes, tiene dos voluminosas erupciones ignimbríticas documentadas, a los 17 Ma y 10.7 Ma (Marret, 1990). Los estratos neógenos plegados de la cuenca de Pastos Grandes están presentes en un cinturón norte-noreste de serranías y colinas (sierra de Sijes). El contacto entre los estratos neógenos de la cuenca de Pastos Grandes y las rocas más antiguas no está expuesto. Las fallas que limitan la cuenca están pobremente expuestas. Sin embargo, análisis cinemáticos (Marret, 1990), sugieren que las fallas inversas se inclinan entre 30° y 70° por debajo de los flancos de las sierras. La depresión de Pastos Grandes, alberga las mayores concentraciones de boratos de la Puna argentina, todos ellos mantos sedimentarios incluidos en la Formación Sijes (Alonso, 1986).

Paleógeno

Formación Geste (Turner, 1960). Se dispone en fuerte discordancia angular sobre la Formación Copalayo de edad ordovícica (Aceñolaza, 1973) y está formado por conglomerados, areniscas arcillosas y fangolitas arenosas de intenso color rojizo a morado. La sucesión sedimentaria comienza con un conglomerado de base grueso, pardo morado a pardo rojizo, polimíctico, con rodados de tamaños variables desde 1 cm hasta bloques de 70 cm de diámetro, subangulosos a subredondeados, de cuarzo, cuarcitas, filitas y grauvacas, con matriz conglomerádica de igual composición. El contacto basal es visible en todo el Filo de Copalayo, pero no siempre está presente con las mismas características, reduciéndose en algunos casos a una capa centimétrica y en otros, donde está bien representado, alcanza hasta 4 metros. Hacia arriba disminuye el tamaño del grano y comienzan intercalaciones de areniscas cuarzosas gris-amarillentas, a veces conglomerádicas y fangolitas arenosas pardo moradas. Producen una topografía de entrantes y salientes donde los conglomerados sobresalen por su mayor dureza. Las superficies de estratificación son irregulares, pero más marcadas en las areniscas, en las que se notan capas con estratificación entrecruzada. El cuarzo es el componente esencial de estas rocas y domina totalmente en un conspicuo banco ubicado cerca del techo de la formación, constituido por clastos bien redondeados de cuarzo lechoso, de hasta 20 cm de diámetro y matriz psamo-conglomerádica de igual composición. Su espesor no es constante y alcanza hasta 7 metros en algunos puntos. El espesor de la formación es variable en sentido lateral. Turner (1960) lo estima en 1500 metros, mientras que Gutierrez (1981) mide 550 metros. Debe aclararse que ambos autores consideraron el espesor en secciones diferentes. Gutierrez (1981) considera como Formación Pozuelos parte de lo que Turner (1960) incluye en su Formación Geste. En base a su contenido de marsupiales de las familias Didelphidae y Prepidolopidae se le asigna edad mamífero Mustersense (Eoceno medio, Pascual, 1983).



Distribución y posición estratigráfica aproximada de rocas sedimentarias del Cenozoico Superior, según Jordan y Alonso (1987).

Neógeno

“Conglomerado Negro” (Vandervoort, 1993). El “conglomerado negro» es una unidad que aflora en el filo de la sierra de Sijes y se acumuló en una planicie tipo entrelazada. Paleocorrientes y composición de clastos denotan que las rocas de las que proviene consistirían de metaflysch, gneises y granitoides precámbricos de la Cordillera Oriental (filo del Oire Grande) hacia el sur y este de la cuenca. La presencia de litofacies indicativas de condiciones de flujo persistentes, sugiere que el piso de la cuenca se caracterizaba por corrientes perennes que fluían a través de la cuenca de Pastos Grandes. El último destino de este paleodrenaje es incierto aunque puede

haber sido un depocentro norte de la cuenca Pastos Grandes ahora cubierto por rocas volcánicas de el Complejo Quevar (Quebrada Seca). La ignimbrita cerca del techo de esta unidad es probablemente el depósito distal de una erupción ignimbrítica más joven del complejo volcánico Quevar (Vandervoort, 1993). Una datación Ar 40/39 en una toba, sobre un cristal de biotita, dio una edad para la unidad de 10.7 ± 0.2 Ma (Vandervoort *et al.*, 1995). Entre esta unidad y la Formación Geste media un periodo no depositacional que abarca desde *ca.* 40 Ma hasta los 11 Ma, lo que correspondería a unos 30 Ma aproximadamente de lapso temporal no representado.

Formación Pozuelos (Turner, 1960). En esta unidad se distinguen actualmente dos Miembros. El Miembro clásico fue acumulado sobre una planicie aluvial por flujo de detritos y corrientes de sedimentos concentrados. Las paleocorrientes y la composición de los clastos indican que los terrenos originarios consistían de metaflysch ordovícicos, rocas metamórficas de alto grado precámbricas, y rocas volcánicas terciarias en el filo de Copalayo hacia el sudoeste (Vandervoort, 1993). El Miembro Evaporítico de la Formación Pozuelos se acumuló en un ambiente de tipo salar. Es la unidad portadora de evaporitas más antigua de la cuenca de Pastos Grandes. Está compuesto por halita, yeso y boratos, estos últimos correspondientes al Miembro El Zorro (Salim, 1991). La acumulación de esta unidad representa la inserción de un drenaje interno para la cuenca Pastos Grandes. La presencia de un gran sistema aluvial adyacente sugiere que el salar, al menos periódicamente, recibió grandes cantidades de agua durante las avenidas (Vandervoort, 1993).

Formación Sijes (Turner, 1960). Turner (1960), designó con el nombre de Formación Sijes a la sucesión sedimentaria que se desarrolla concordantemente sobre la Formación Pozuelos constituyendo el tercio superior del Grupo Pastos Grandes que él definiera. La mejor expresión de afloramientos y a su vez la que alcanza los mayores espesores, se desarrolla en las laderas de Monte Amarillo - Monte Verde por el oeste y el valle de Esperanza por el este. Los perfiles reconocidos en esas secciones y su contenido de boratos permitieron la diferenciación en Miembros de la Formación Sijes que de base a techo se definen como Miembro Monte Amarillo, Miembro Monte Verde y Miembro Esperanza (Alonso, 1986). Los afloramientos constituyen una faja en sentido NNE-SSW que se extiende a lo largo de 30 km (Alonso, 1986). Se apoya concordantemente sobre la Formación Pozuelos. El pasaje entre ambas se resuelve en corto trecho y está dado por: 1) El banco inferior de sal de roca; 2) El banco guía de arcilitas rojas entre ambas formaciones y 3) El fuerte cambio de tonos rojos de la Formación Pozuelos a blanquecinos, verdosos, amarillentos y grisáceos de la Formación Sijes. Hacia el techo pasa en concordancia y transicionalmente a las pefitas de la Formación Singuel. En el perfil tipo se midieron 1.476 metros de los cuales 317 metros corresponden al tramo basal (Miembro Monte Amarillo), 378 metros al tramo intermedio (Miembro Monte Verde) y 781 metros al tramo cuspidal (Miembro Esperanza) (Alonso, 1986). Si bien el contenido fósil no es un indicador cronológico, cabe mencionar el hallazgo de gastrópodos y diatomeas y abundantes icnitas de aves en el Miembro Monte Amarillo que corresponden a huellas tetradáctilas, tridáctilas y palmeadas (Alonso, 1985). Sin embargo, la datación de dos tobas del Miembro Monte Amarillo permitió ubicar la base de la Formación Sijes en el Mioceno tardío. El ambiente que predominó durante la depositación de la Formación Sijes, fue el de una cuenca continental endorreica, con clima árido y vulcanismo explosivo activo. Las capas rítmicas de arcilitas verdes a pardas y evaporitas (boratos, yeso), con abundantes pisadas de aves, grietas de desecación y marcas de gotas de lluvia son indicativas de ambientes de playa con salares y lagunas de aguas salobres o saladas, muy similares a las existentes en la actualidad en otros salares de la Puna (Alonso, 1986).

Formación Singuel (Alonso y Gutierrez, 1986). Se apoya en concordancia sobre la Formación Sijes con pasaje transicional entre ambas. Litológicamente, se distinguen potentes bancos de conglomerados integrados por clastos de leptometamorfitas ordovícicas, de granitoides de la “Faja Eruptiva” y de vulcanitas mesosilícicas. Comprende depósitos torrenciales de color de verdoso grisáceo. En la parte media se observan algunas camadas de areniscas medianas a gruesas de color pardo rosado. Su edad es pliocena y su espesor alcanza los 2000 metros. Los depósitos de esta Formación indican un importante levantamiento en el oriente de la depresión de Pastos Grandes con un aporte masivo de fanglomerados que produce la colmatación de la cubeta (Alonso, 1986). La Formación Singuel se acumuló sobre un abanico aluvial en la porción austral de la cuenca, la cual gradúa hacia el noreste a un sistema tipo entrelazado. Los procesos aluviales consistieron de flujos detríticos y flujos hiperconcentrados. Las paleocorrientes y composición de los clastos indican que las fuentes fueron metaflysch ordovícicos, rocas metamórficas precámbricas, y rocas volcánicas terciarias en el filo de Copalayo hacia el sudoeste. La exposición aislada de la Formación Singuel en la región occidental se acumuló en una playa clásica de grano fino (Vandervoort, 1993).

La cuenca de Hombre Muerto

En el interior del salar del Hombre Muerto afloran una serie de relieves de rocas terciarias identificados de oeste a este como península de Tincalayu, isla de Farallón Catal y península de Hombre Muerto. En el centro del salar, la isla de Catal tiene una potente secuencia sedimentaria de unos 5.000 m de espesor, con una edad en la base de 15.0 ± 2.4 Ma y en el techo de 7.2 ± 1.4 Ma (Alonso *et al.*, 1991). De base a techo se distinguen cuatro conjuntos litológicos que son: 1) areniscas y pelitas rojas donde se identificaron huellas de aves charadriiformes (*Reyesichnus punensis*, Alonso *et al.*, 1980); 2) pelitas verdosas con yeso y travertinos; 3) tobas ignimbríticas y tufitas; y 4) conglomerados gruesos. La parte superior de esta secuencia (2,3,4) aflora también en la península de Hombre Muerto. Por su parte, al oeste del salar, en la península de Tincalayu, se presenta una sucesión sedimentaria compuesta por unos 200 m de sal de roca (perforaciones en la mina Tincalayu), un cuerpo masivo de bórax de 30 m (con una edad radimétrica de 5.86 ± 0.14 Ma), y areniscas y pelitas rojas que cubren el conjunto (Alonso, 1986). En discordancia angular se presenta una colada basáltica (Fm. Incahuasi) de edad Pleistoceno.

La cuenca de Arizaro

Se ubica en el oeste de la Puna salteña y contiene la mayor exposición de afloramientos terciarios de la Puna. En el borde oriental del salar de Arizaro y al oeste del filo de Macón se presenta una secuencia evaporítica potente compuesta por halita y yeso. Al este del filo de Macón, se extiende una sección de capas rojas muy potente (>3.500 m) que han sido identificadas informalmente como «sedimentita Vizcachera» (Alonso, in Hong *et al.*, 1998). Dicha secuencia esta compuesta por conglomerados rojos en la base y por areniscas rojas con niveles de pelitas y evaporitas (yeso) en la parte superior, donde además intercala un nivel de eolianitas. Se han realizado dataciones en la base (23.8 ± 0.4 Ma, Vandervoort, 1993) y en el techo (10.8 ± 2.0 , Alonso *et al.*, 1991), o sea que la secuencia es de edad Mioceno inferior a medio y por tanto más antigua que las unidades neógenas de la cuenca de Pastos Grandes.

Edades radimétricas y evolución cenozoica de la Puna Austral. Las rocas pre-terciarias de la Puna consisten de rocas plutónicas y metamórficas de alto grado precámbricas, metaflysch precámbrico tardío, metaflysch ordovícico, granitoides ordovícicos y silúricos, estratos marinos del Paleozoico Superior (Amengual *et al.*, 1979, Alonso, 1986). El Terciario más antiguo está representado por los estratos continentales paleógenos del Eoceno medio (Mustersense) que afloran en la cuenca de Pastos Grandes (Fm. Geste). Las rocas pre-neógenas más jóvenes en la Puna austral son capas rojas del Oligoceno que afloran en diversas serranías. Edades de 23.8 ± 0.4 y 26.3 ± 1.6 Ma fueron obtenidas a partir de tobas; esas unidades están expuestas cerca de Siete Curvas y en el Salar de Antofalla respectivamente y se conocen generalizada e informalmente como «sedimentita Vizcachera». Dataciones en el techo de 10.8 ± 2.0 indican que ese conjunto sedimentario cubre el lapso temporal Oligoceno superior-Mioceno medio. Los estratos se acumularon en una amplia cuenca depositacional de bajo relieve, en la cual predominaron ambientes como playas clásticas, eólicos y fluviales (Jordan y Alonso, 1987). La extensión regional de los estratos oligocenos los distingue claramente de las capas neógenas suprayacentes (Jordan y Alonso, 1987; Alonso *et al.*, 1991). En la isla de Catal en el salar del Hombre Muerto se presenta una secuencia con edades entre 15.0 ± 2.4 Ma y 7.2 ± 1.4 Ma (Alonso *et al.*, 1991). Los 2000 m de la secuencia neógena de Pastos Grandes contiene el registro más completo (<11Ma) del desarrollo de la región Puna. Los estratos volcánicos más viejos de edad neógena en Pastos Grandes están representados por una ignimbrita de 8 m en una unidad fluvial de 180 m de espesor (“Conglomerado Negro”) (Vandervoort, 1993). Esta unidad tiene una edad de 10.7 ± 0.2 Ma y probablemente es el depósito distal de la ignimbrita Quevar expuesta en quebrada Seca. El «conglomerado negro» es el depósito de un sistema de drenaje anastomosado que puede haber fluido hacia la región de Quebrada Seca. Por encima del “Conglomerado Negro” y en discordancia angular se apoyan 1800 m de evaporitas y clásticos de grano fino y conglomerados aluviales (Formación Pozuelos, Formación Sijes y Formación Singuel). Por encima de estos estratos y en discordancia angular se apoyan 30 metros de estratos aterrazados y ricos en evaporitas (Formación Blanca Lila). La Formación Blanca Lila es horizontal, mientras que todos los estratos infrayacentes están plegados (Vandervoort, 1993). La cronología absoluta de la cuenca Pastos Grandes pudo lograrse gracias a las numerosas edades radimétricas obtenidas a partir de las tobas (Alonso, 1987; Alonso *et al.*, 1991; Vandervoort, 1993). La unidad del Neógeno más antigua expuesta en la cuenca de Pastos Grandes es un “Conglomerado Negro” que aflora a lo largo de la cresta de la sierra de Sijes. Una ignimbrita cerca al techo del “Conglomerado Negro” da una edad de 10.7 ± 0.2 Ma. La edad depositacional de las capas más antiguas del “Conglomerado Negro” es desconocida debido a que su base no está expuesta. El tiempo en que cesó la depositación es desconocido debido a que el techo de la unidad está erosionado. El “Conglomerado Negro” debe ser más antiguo que 7.0 Ma, basado en las edades radimétricas de las unidades que están por encima del mismo (Vandervoort, 1993). Una discordancia separa el “Conglomerado Negro” de las unidades más jóvenes. La máxima duración posible para esta discordancia es 10.9 a 7.0 Ma basado en edades radimétricas provenientes de unidades por encima y por debajo de la discordancia. La edad de la discordancia es probablemente menor que la indicada por la geocronología disponible (Vandervoort, 1993). La unidad siguiente es la Formación Pozuelos, la cual tiene dos miembros que representan variaciones laterales equivalentes: el Miembro Clástico y el Miembro Evaporítico. Alonso *et al.* (1991) reportaron edades de 7.6 ± 1.1 para una toba en la Formación Pozuelos. Salim (1990) identifica en el techo de la Formación Pozuelos un miembro boratífero al que denomina Miembro El Zorro y que constituye el nivel de boratos más antiguo de la comarca. Por encima de la Formación Pozuelos está la Formación Sijes, la cual tiene cinco miembros: en orden ascendente, el Miembro Ona, el

Miembro Monte Amarillo, el Miembro Monte Verde, el Miembro Conglomerado, y el Miembro Esperanza (Vandervoort, 1993). El Miembro Conglomerado de la Formación Sijes expuesto en la sierra de Sijes es por composición y textura similar al "Conglomerado Negro", aunque puede ser distinguida de este último debido a que incluye clastos de ignimbrita derivados del "Conglomerado Negro". Aunque Alonso (1986) incluye esos estratos en la parte inferior del Miembro Esperanza, ellos son lo suficientemente distintos como para ser un Miembro único de la Formación Sijes y por ello Vandervoort (1993) se refiere a esta unidad como Miembro Conglomerado de la Formación Sijes. Una discordancia que se formó contemporáneamente con el Miembro Conglomerado separa el Miembro Esperanza de las unidades infrayacentes del Miembro Conglomerado. B. Watson (Alonso, 1986) reportó edades de 6.8 ± 0.2 y 6.3 ± 0.2 Ma para dos tobas en el Miembro Monte Amarillo. Alonso *et al.* (1991), proveyeron datos de tres tobas en la Formación Sijes. Una toba del Miembro Monte Verde dio una edad de 5.4 ± 0.8 Ma, una toba proveniente de la parte inferior del Miembro Esperanza dio edades de 5.9 ± 0.8 (circón) y 5.4 ± 1.6 Ma (apatita), y una toba en la parte superior del Miembro Esperanza alcanzó una edad 4.0 ± 1.2 Ma. La Formación Singuel es la unidad estratigráfica siguiente. En las exposiciones australes esta unidad suprayace en discordancia angular a la Formación Pozuelos y a los Miembros Monte Amarillo y Monte Verde de la Formación Sijes. Dos edades provenientes de una toba de estos afloramientos arrojaron edades de 2.92 ± 0.04 y 2.89 ± 0.04 Ma. Basado en dataciones radimétricas de la Formación Sijes y la Formación Blanca Lila, el rango de edad máximo para la Formación Singuel es, de 5.2 a 0.29 Ma. La unidad estratigráfica más joven en la cuenca de Pastos Grandes es la Formación Blanca Lila expuesta en la región noroccidental. Una discordancia angular separa la Formación Blanca Lila de las unidades infrayacentes. Strecker (1987) reportó una edad de 1.6 ± 0.7 Ma para una toba de esta unidad. Basado en datos más jóvenes y datos provenientes de la Formación Singuel, la máxima duración posible para la discordancia angular entre las Formaciones Singuel y Blanca Lila es 2.96 a 0.29 Ma. La edad de los depósitos más jóvenes de la Formación Blanca Lila es incierta debido a la carencia de depósitos suprayacentes (Vandervoort, 1993). El Neógeno de la Puna en la cuenca de Pastos Grandes que es la mejor representada se limita al "Conglomerado Negro", la Formación Pozuelos, la Formación Sijes y la Formación Singuel.

Litofacies neógenas de la Puna al tiempo de la ingresión marina paranense. Si se toma como referencia a la Puna austral se tiene que para el tiempo de la ingresión marina paranense, esta ya se había levantado en su porción oriental y mostraba un marcado endorreísmo dado por esas láminas tectónicas sobrecorridas del Este y el arco volcánico activo en el Oeste. Para esa época las cuencas puneñas ya funcionaban como de intra-arco/intra-plateau. Si consideramos que la ingresión se produjo entre *ca.* 14 y 12 Ma, podemos individualizar los depósitos más o menos sincrónicos y su naturaleza. Así, en la cuenca de Hombre Muerto, las capas de esa edad corresponden a sedimentitas clásticas rojas, fluviales y de playa, con niveles evaporíticos hacia el techo (yeso) que afloran en la isla de Farallón Catal. En esas capas se identificaron huellas de aves charadriiformes (*Reyesichnus punensis*, Alonso *et al.*, 1980). En la cuenca de Antofalla se estaba depositando la Formación Potrero Grande, compuesta por sedimentos fluviales y aluviales. En la cuenca de Arizaro-Salar de Pocitos, tenemos las "capas de Siete Curvas", un conjunto de limoarcilitas rojizas a rosadas, con delgadas intercalaciones de yeso, formadas en un ambiente de playa barrosa, cuya edad es más antigua que 10.8 ± 2.0 (Alonso *et al.*, 1991) aunque más joven que 23.8 ± 0.4 Ma (Vandervoort, 1993). En la cuenca de Pastos Grandes, tenemos una laguna depositacional muy grande entre los estratos mustersenses de la Fm. Geste y el «Conglomerado negro» de Vandervoort *et al.* (1995) cuya edad radimétrica es de 10.7 ± 0.2 Ma. El «Conglome-

rado negro registra el alzamiento marcado del borde oriental de la Puna ya que está compuesto por litologías de rocas ígneas y metamórficas pre-silúricas que allí afloran. El «Conglomerado negro» representaría quizás las facies de “alluvial fan” de un lago evaporítico que se encontraría al noreste de Santa Rosa de los Pastos Grandes, cuyas facies halíticas-yesíferas afloran en la Quebrada Seca o de Barreal. La situación en las cuencas de la Puna jujeña parece no haber sido muy diferente, aunque los controles radimétricos son escasos.

Conclusiones

La Puna había alcanzado una compartimentalización de sus cuencas interiores en un régimen de intra-arco/intra-plateau al tiempo en que la ingresión marina paranense inundaba gran parte del interior de la Argentina. Los depósitos de la Puna para ese tiempo son de tipo fluvial a lacustre, rojos, y con una incipiente pero firme tendencia evaporítica. El máximo desarrollo evaporítico, que indica un cierre orográfico concreto por el Este y que impediría el paso de la humedad atlántica, se dará alrededor de los 6 Ma y estará acompañado de importantes depósitos de boratos hasta ahora ausentes en sedimentitas más antiguas que 7 Ma. El desarrollo de los brazos marinos a través de las cuencas de antepaís de los Andes, entre los 10 y 12 Ma, está mostrando la importante subsidencia por apilamiento tectónico registrada como consecuencia de las distintas fases compresivas que se agrupan complexivamente en la fase Quechua. Muestra a su vez que la parte oriental del edificio andino no estaba levantada, dado que ha permitido el ingreso del mar mioceno durante el alto eustático de los 12 Ma, hasta casi el propio borde de la Puna. El nivel cero del mar paranense es crucial a la hora de entender la paleogeografía y geología andinas, así como las tasas de subsidencia y posterior elevación del edificio andino.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco de las investigaciones que el autor desarrolla en el CONICET y en el CIUNSA. Se agradece especialmente a los doctores Florencio Gilberto Aceñolaza y Rafael Herbst por su invitación a participar del presente volumen. Fructíferas discusiones sobre el tema se llevaron a cabo oportunamente con los doctores Víctor A. Ramos, Teresa E. Jordan, Claudia Galli y José A. Salfity.

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G., 1976. Consideraciones estratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. *Acta Geológica Lilloana*, 23(2):91-108.
- Alonso, R. N. 1986. *Ocurrencia, Posición Estratigráfica y Génesis de los Depósitos de Boratos de la Puna Argentina*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Salta, 196.
- Alonso, R. N. 1987. Valoración icnoavifaunística de ambientes boratíferos. *IV Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Tomo I: 586-597.
- Alonso, R. N. 1991. Evaporitas neógenas de los Andes Centrales, in Pueyo, J.J., Ed., *Génesis de formaciones evaporíticas. Modelos Andinos e Ibéricos*. Universidad Barcelona, Estudios Generales, v.2, p. 267-362.
- Alonso, R. N. 1992. Estratigrafía del Cenozoico de la cuenca de Pastos Grandes (Puna Salteña) con énfasis en la Formación Sijes y sus boratos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47 (2): 189-199.
- Alonso, R.N., 1999. El Terciario de la Puna salteña. Relatorio. *XIV Congreso Geológico Argentino*, Tomo I:311-316. Salta.
- Alonso, R. N., Berman, W., Bond, M., Carlini, A., Pascual, R. y Reguero, M. 1988. Vertebrados Paleógenos de la Puna Austral: Sus aportes a la evolución biogeográfica. *V Jornadas de Paleontología de Vertebrados*, Resúmenes.
- Alonso, R.N., Carbajal, E. y Raskovsky, M. 1980. Hallazgo de icnitas (Aves, Charadriiformes) en el Terciario de la Puna

- Argentina. *Primer Congreso Latinoamericano de Paleontología y Segundo Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*, Buenos Aires, 1978. III : 75-83.
- Alonso, R. N. y Gutiérrez, R., 1986. Litoestratigrafía del Neógeno terminal, Puna sudoriental argentina: *Revista del Instituto de Geología y Minería de Jujuy*, v. 6, p. 29-47.
- Alonso, R.N., Gutiérrez, R., Pascual, R. y Raskovsky, M. 1982. El Grupo Pastos Grandes (Puna Salteña). Mamíferos de su Formación Pozuelos y su antigüedad. *Tercer Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*, Resúmenes.
- Alonso, R. N., Gutiérrez, R. y Viramonte, J., 1984. Megacueros salinos Cenozoicos de la Puna Argentina: *IX Congreso Geológico Argentino*, S.C. de Bariloche, v.1, p.25-42.
- Alonso, R. N., Jordan, T.E., Tabbut, K.T. y Vandervoort, D.S. 1991. Giant evaporite belts of the Neogene central Andes : *Geology*, v. 19, p. 401-404.
- Alonso, R. N. y Menegatti, N.D. 1990. La Formación Blanca Lila (Pleistoceno) y sus depósitos de boratos (Puna Argentina). *11º Congreso Geológico Argentino*, Actas 1: 295-298.
- Alonso, R. N. y Viramonte, J.G. 1990. Borate deposits in the Andes. En Fontboté *et al.* (Eds.) «*Stratabound ore deposits in the Andes*», Springer Verlag, pp. 721-732.
- Alonso, R. N., Viramonte, J., Gutiérrez, R. 1984. Puna Austral. Bases para el subprovincialismo geológico de la Puna Argentina. *Noveno Congreso Geológico Argentino*, Actas 1: 43-63.
- Ayaviri, A., 1967. *Estratigrafía del Subandino Meridional*. Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (inédito), Informe N° 1215 (Pp 330137), 121 pp.
- Allmendinger, R., 1986. Tectonic development, southeastern border of the Puna Plateau, northwestern Argentine Andes. *Geological Society of America, Bulletin*, 97 : 1070-1082.
- Allmendinger, R., Jordan, T.E., Kay, S.M., and Isacks, B.L., 1997. The evolution of the Altiplano - Puna Plateau of the Central Andes. *Annu. Rev. Earth Planet*, 25: 139-74.
- Allmendinger, R. Marret, R.W., Eremchuck, J. y Alonso, R. 1987. Deformación neotectónica de la Puna Austral. *10º Congreso Geológico Argentino*, Actas, 1: 235-238.
- Amengual, R., Méndez, V., Navarini, A., Viera, O. y Zanettini, J.C., 1979. Geología de la región noroeste, República Argentina, Provincias de Salta y Jujuy. *Dirección Nacional de Fabricaciones Militares*, escala 1: 400.000.
- Baby, P., et al., 1995. Petroleum system of the Northern and Central Bolivia Subandean Zone (In: Tankard, A.J., Suarez Soruco, R. y Welsink, H.J., 1995. Petroleum basins of South America. *AAPG, Memoria* 62, 792 p.).
- Bertels, A. y Zabert L. L., 1990. Microfauna del Grupo Santa María (Terciario superior) en las provincias de Catamarca y Tucumán, Argentina. *II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología* 3: 63-76.
- Blasco, G., Zappettini, E., Hongn, F., 1996. Hoja Geológica 2566-I, San Antonio de los Cobres, *Boletín N° 217. Secretaría de Minería de la Nación*, 126 p, 2 mapas, Bs. As.
- Boltovskoy, E., 1979. Paleocceanografía del Atlántico sudoccidental desde el Mioceno, según estudios foraminiferológicos. *Ameghiniana* XVI (3-4): 357-389, Buenos Aires.
- Boltovskoy, E., 1991. Ihering's hypothesis in the light of foraminiferological data. *Lethaia* 24:191-198.
- Bonarelli, G., 1914. La estructura geológica y los yacimientos petrolíferos del distrito minero de Orán, provincia de Salta. *Dirección general de Minas, Geología e Hidrología, Boletín 9 (Serie B, Geología)*: 1-43.
- Bonarelli, G., 1921. Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del norte (Provincia de Salta y Jujuy). *Anales Ministerio Agricultura Nacional, Sección Geología, Mineralogía y Geología*, 15(1): 1-96.
- Bossi, G.E. y Palma M., 1982. Reconsideración de la estratigrafía del valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. *V Congreso Latinoamericano de Geología*, Actas 1: 155-172.
- Bossi, G., Muruaga, C. y Gavriloff, I., 1999. Sierras Pampeanas. Relatorio. *XIV Congreso Geológico Argentino*, Tomo I:329-360.
- Camacho, H. H., 1967. Las transgresiones del Cretácico Superior y Terciario de la Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista* XXII (4): 253-280.
- Cione, A.L., G. Vergani, D. Starck y Herbst R., 1995. Los peces del Mioceno de la quebrada de la Yesera, provincia de Salta, Argentina. Su valor como indicadores ambientales y su antigüedad. *Ameghiniana* 32(2): 129-140.
- Donato, E. y Vergani G., 1985. *Geología del sector sudoccidental de la Puna salteña*. YPF informe inédito 7723. Buenos Aires.
- Donato, E. y Vergani G., 1988. Geología del área de San Antonio de los Cobres. *BIP*, V(15):83-101.
- Gavriloff, I.J.C., 1990. *Estudio bioestratigráfico del Mioceno superior de la provincia de Tucumán*. Trabajo Seminario Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (inédita).
- Gavriloff, I.J.C., 1999. Caracterización de la secuencia parálica neógena del Valle de Santa María y su relación con la ingresión marina parense. *VII Simp. Sul Brasil. Geol., y II Encontro Geol. Mercosul*. Foz do Iguazu.
- Gavriloff, I.J.C. y Bossi G. E., 1992a. Revisión general, análisis facial, correlación y edad de las formaciones San José y Río Salí, Mioceno Medio. *Acta Geológica Lilloana*, 17 (2):5-43.
- Gavriloff, I.J.C. y Bossi G.E., 1992b. Las facies lacustres de las formaciones San José y Río Salí (Mioceno medio), NO Argentino y su relación con la ingresión marina parense. *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología*, Simposios 1: 78-87.
- Gavriloff, I.J.C. y Bossi G.E., 1998. The paleogeographical problem of the Parana marine transgression (Middle Tertiary) and

- its western paralic margin in NW Argentina. *15 International Sedimentological Congress*, Abstract, 368-370.
- Gebhard, J.A., A.R. Giudici y Oliver Gascón, J., 1974. Geología de la comarca entre el río Juramento y arroyo Las Tortugas, provincias de Salta y Jujuy, República Argentina. *Asociación Geológica Argentina*, Revista XIX (3): 359-375.
- Gutiérrez, R., 1981. *Perfil geológico del Grupo Pastos Grandes, en el área del perfil tipo, entre el Filo de Copalayo y el cerro El Morro, Departamento Los Andes, Salta*. Tesis Profesional. Universidad Nacional de Salta.
- Haq, B.U., I. Hardenbol y P.R. Vail, 1987. Chronology of fluctuating sea level since the Triassic. *Science* 235: 1156-1166.
- Hernández, R.M., R. Di Salvo y Reyno Ids, J., 1991. Determinación cronoestratigráfica sobre los sedimentos Neógenos en la cuenca del Noroeste, Provincia de Salta, Argentina. *ARPEL* (abstract).
- Hernández, R., Galli, C., y Reynolds, J., 1999. Estratigrafía del Terciario en el Noroeste Argentino. Relatorio. *XIV Congreso Geológico Argentino*, Tomo I:316-328. Salta.
- Hoorn, C., 1996. Miocene Deposits in the Amazonian Foreland Basin. Technical comments. *Science* vol. 273 (5 July, 1996), p. 122.
- Hoorn, C., Guerrero, J., Sarmiento, G., y Lorente, M., 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology*, 23(3):237-240.
- Isacks, B.L. 1988. Uplift of the Central Andes and bending of the Bolivian orocline: *Journal of Geophysical Research*, v.284, p. 3211-3231.
- Jordan, T.E., 1984. Cuenas, volcanismo y acortamientos cenozoicos, Argentina, Bolivia y Chile. *Noveno Congreso Geológico Argentino*, Bariloche, Actas II : 7-24.
- Jordan, T.E. y Alonso, R. 1987. Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes Mountains, 20°-28° South latitude. *American Association of Petroleum Geologist, Bulletin*, 71 (1): 49-64.
- Jordan, T., Isacks, B.L., Allmendinger R.W., Brewer, J.A., Ramos, V.A., y Ando, C.J., 1983. Andean tectonics related to geometry of the subducted Nazca plate. *Geological Society of America Bulletin*, v.94, p. 341-361.
- Kennan, L., Lamb, S., y Rundle, C., 1995. K/Ar dates from the Altiplano and Cordillera Oriental of Bolivia. Implications for Cenozoic stratigraphy and tectonics. *Journal of South America Earth Sciences*, 8(2):163-186.
- Koukharsky, M., 1988. *Geología de la Puna en la región que media entre el cerro Socompa y el cerro Tul Tul, provincia de Salta*. Tesis doctorado. UBA. inédito.
- Lovejoy, N.R., Bermingham, E., y Martini, A.P., 1998. Marine incursion into South America. *Nature* Vol. 396 (3 de diciembre de 1998), pp. 421-422.
- Marret, R.A. 1990. *The Late Cenozoic tectonic evolution of the Puna plateau and adjacent foreland, northwestern Argentina Andes* (Ph. D. thesis). Cornell University, Ithaca, New York, 365 p.
- Marshall, L.G., y Lundberg, J.G., 1996. Miocene Deposits in the Amazonian Foreland Basin. Technical comments. *Science*, vol. 273 (5 July, 1996), p. 123-124.
- Marshall, L.G., T. Sempere y Gayet, M., 1993. The Petaca (Late Oligocene-Early Miocene) and Yecua (Late Miocene) formations of the subandean-Chaco basin, Bolivia, and their tectonic significance. *Documents Laboratoire Géologique Lyon* 125: 291-301.
- Palma, R., 1978. Estratigrafía y sedimentología de la quebrada de Arca Yaco (Tolombón, Provincia de Salta, Argentina). *Acta Geológica Lilloana* 15(1): 79-104.
- Pascual, R. 1983. Novedosos marsupiales Paleógenos de la Formación Pozuelos (Grupo Pastos Grandes) de la Puna, Salta, Argentina. *Ameghiniana* 20 (3-4): 265-280.
- Paxton, Ch. G.M., Crampton, W.G.R., y Burgess, P., 1996. Miocene Deposits in the Amazonian Foreland Basin. Technical comments. *Science*, vol. 273 (5 July, 1996), p. 123.
- Ramos, V., y Alonso, R. N., 1995. El Mar Paranense en la Provincia de Jujuy. *Revista del Instituto de Geología y Minería*, N° 10, pp. 73-80.
- Räsänen, M.E., A.M. Linna, J.C.R. Santos, y Negri, F., 1995. Late Miocene Tidal deposits in the Amazonian foreland basin. *Science* Vol. 269 (21 July): 386-390.
- Räsänen, M.E. y Linna, A.M., 1996. Miocene Deposits in the Amazonian Foreland Basin. Technical comments. *Science*, vol. 273 (5 July, 1996), p. 124-125.
- Roth, S. 1908. Beitrag zur Gliederung der Sedimentablagerungen in Patagonien und der Pampasregion. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, Beilageband 26: 92150.
- Russo, A. y Serraiotto, A., 1979. Contribución al conocimiento de la estratigrafía terciaria en el noroeste Argentino. *VIII Congreso Geológico Argentino* (Neuquen), Actas 1: 731-748.
- Salim, F. 1991. *Estudio Geológico de la transición entre la Formación Pozuelos y la Formación Sijes*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Salfity, J.A., Gorustovich, S., Gonzalez, R.E., Monaldi, C.E., Marquillas, R., Galli, C. y Alonso, R.N., 1996. Las cuencas terciarias posincaicas de los Andes Centrales de la Argentina. *XIII Congreso Geológico Argentino*, Actas, Vol. I, pp. 453-471.
- Sempere, T., 1995. Phanerozoic evolution of Bolivia and adjacent regions (In: Tankard, A.J., Suarez Soruco, R. y Welsink, H.J., 1995. *Petroleum basins of South America*. AAPG, Memoria 62, 792 p.)
- Stappenbeck, R., 1926. *Geologie und Grundwasserkrunde der Pampa*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1-512 p.
- Strecker, M.R. 1987. *Late Cenozoic landscape development, the Santa Maria Valley, Northwest Argentina* (Ph. D. thesis). Cornell University, Ithaca, New York, 261p.

- Sureda, R. J., Galliski, M., Argañaraz, P. y Daroca, J., 1986. Aspectos metalogénicos del Noroeste Argentino (Provincias de Salta y Jujuy). *Rev. Capricornio* (1): 39-95.
- Tankard, A.J., Suarez Soruco, R. y Welsink, H.J., 1995. *Petroleum basins of South America. AAPG, Memoria* 62, 792 p.
- Turner, J.C.M., 1960. Estratigrafía del Nevado de Cachi y sector al oeste. *Acta Geológica Lilloana*, 3: 191-226.
- Turner, J.C.M., 1964. Descripción de la Hoja Geológica 7c, Nevado de Cachi, Salta: *Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín* N° 99.
- Turner, J.C.M., 1972. Puna. Geología Regional Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*. I: 91-116. Córdoba.
- Turner, J.C.M. y Méndez, V. 1979. Puna. Geología Regional Argentina. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*. 13-56.
- Uliana, M.A. y K.T. Biddle, 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18: 172-190.
- Vandervoort, D.S. 1993. *Non-Marine Evaporite Basin Studies, Southern Puna Plateau, Central Andes*. Tesis Doctoral. Cornell University, Ithaca, New York.
- Vandervoort, D.S., Jordan, T.E. y Zeitler, P.K., 1991. Paleogeographic evolution of a Neogene intraplateau basin, southern Puna plateau, central Andes: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 24, p. 285.
- Vandervoort, D.S., Jordan, T.E., Zeitler, P.K. y Alonso, R.N. 1992. Neogene intraplateau basins of the southern Puna plateau, central Andes, NW Argentina: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v.24, p. 356.
- Vandervoort, D.S., Jordan, T.E., Zeitler, P.K. y Alonso, R.N. 1995. Chronology of internal drainage development and uplift, southern Puna plateau, Argentine Central Andes. *Geology*, 23, 2: 145-148.
- Vilela, R.C., 1969. Descripción geológica de la Hoja 6c, San Antonio de los Cobres. *Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín* N° 10.
- von Ihering, H., 1919. Consideraciones generales sobre las formaciones sedimentarias cretácico-terciarias de la Patagonia. *Physis, Revista de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales*. IV: 545-550.
- von Ihering, H., 1927. *Die Geschichte des Atlantischen Ozeans*. Ed. Fisher, 1-237 p.
- Webb, S.D., 1995. Biological implications of the Middle Miocene Amazon Seaway. *Science* 269 (21 July): 361-362.
- Welsink, H.J., Franco, A. y Oviedo, G., 1995. Andean and Preandean Deformation, Bolivia. (In: Tankard, A.J., Suarez Soruco, R. y Welsink, H.J., 1995. *Petroleum basins of South America. AAPG, Memoria* 62, 792 p.).
- Windhausen, A., 1931. *Geología Argentina. Geología Histórica y Regional del Territorio Argentino*. J. Peuser, Tomo II, 1-645.
- Zabert, L.L., 1982. *Nonion demens* (Bik), foraminífero bentónico en el Mioceno del valle de Santa María (Tucumán) y Selva (Santiago del Estero), Argentina. *II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Corrientes), Actas* 183-196.

Recibido: 12 de mayo de 2000

Aceptado: 15 de noviembre de 2000

La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigrafía y distribución

Rafael HERBST¹

Abstract - A synthesis of the stratigraphical position, areal distribution, general lithology, paleoenvironments and paleontological contents of the Ituzaingó Formation is presented. Its age is established as Middle (?) to Upper Pliocene, and a geological history is briefly outlined.

Key words: Ituzaingó Formation. Stratigraphy. Lithology. Paleontology. Age. Geological history.

Palabras clave: Formación Ituzaingó. Estratigrafía. Litología. Paleontología. Edad. Historia geológica.

Introducción

Para completar adecuadamente el cuadro estratigráfico regional de la región del Litoral, no se puede dejar de incluir una breve reseña dedicada a la Formación Ituzaingó, que en la Mesopotamia sobreyace a la Formación Paraná. Esta unidad fue objeto de interpretaciones controvertidas y ello fue así, porque distintos autores con diferentes criterios, la incorporaron o separaron de la "Formación marina" a lo largo de una extensión de más de 800 km, entre Paraná (Entre Ríos) e Ituzaingó (Corrientes).

El nombre de Formación Ituzaingó fue propuesto por De Alba (1953) para un conjunto de arenas y areniscas que había recibido una variedad de denominaciones que, en ese entonces, ya constituían un cierto caos nomenclatural. A partir de las denominaciones de "horizonte A del terciario Guaranien" o "grès ferrugineux" de D'Orbigny (1846) se lo mencionó como "asperón guaranítico" o "asperón de Corrientes" (autores varios), "Serie Mesopotámica" (Bonarelli y Longobardi, 1929), "Mesopotamiense" (Castellanos, 1965), "Estratos Araucanos" (varios autores) y algunos más. Hacia la provincia de Entre Ríos, la misma unidad recibió, entre otros, los nombres de "Rionegrense terrestre nº 5" (Frenguelli, 1920), "Formación Entre Ríos" (Reig, 1957) y "Puelchense" (Groeber, 1961). Algunos de estos, como el de Formación Entre Ríos o Formación Enterrriense, eran utilizados indistintamente para las actuales Formaciones Paraná e Ituzaingó. En casi todos los casos, quedaba poco claro que era exactamente lo que se quería definir bajo estos nombres, que eran utilizados con "carácter local" y por lo tanto no implicaban definiciones regionales. Menos aún, estos nombres no se adaptaban a los requisitos de ningún código estratigráfico y de acuerdo con el vigente Código Estratigráfico Argentino (1992) su uso debe ser rechazado.

El nombre creado por De Alba (1953) se impuso en la mayoría de los trabajos posteriores, particularmente en Herbst (1971), Iriondo y Rodríguez (1973), Herbst *et al.* (1976), Gentili y Rimoldi, (1979), Iriondo (1980), Herbst y Santa Cruz (1985) y Jalfin (1988). Cabe señalar aquí que los sedimentos del mismo origen fluvial y de prácticamente la misma composición, pero

¹INSUGEO-CONICET, Las Piedras 201 7º/B - 4000 S.M. de Tucumán, Argentina. e-mail: rherbst@infovia.com.ar

depositados por el río Uruguay en el sur de Corrientes y en el norte de Entre Ríos, recibieron de algunos autores el mismo nombre (Iriondo, 1980; Herbst y Santa Cruz, 1985). Gentili *et al.* (1974) utilizaron esta misma denominación incluso para el litoral del río Uruguay en Brasil. En otros trabajos fueron denominados Formación Salto Chico (Gentili y Rimoldi, 1979), mientras que en Uruguay la unidad recibe el nombre de Formación Salto (Bossi *et al.*, 1998)

La localidad tipo establecida por De Alba (1953) es en la cercanía de Ituzaingó (provincia de Corrientes), donde si bien aflora solo una pequeña sección de la unidad (unos 12 m) es suficientemente representativa, si además se le suman los casi 53 m de una perforación en el Rincón de Santa María (Corrientes) y otro tanto en la cercana isla de Apipé, incluidos por el autor en su descripción (véase también De Alba y Vera Morínigo, 1964 y De Alba, 1965).

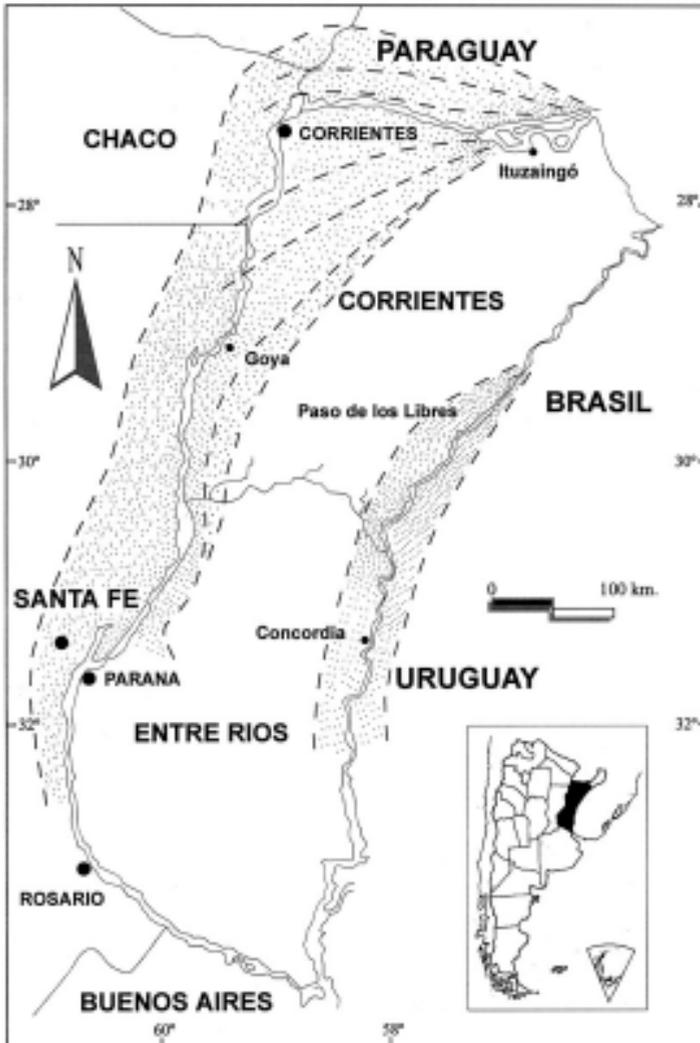


Figura 1: Esquema de las provincias de Corrientes y Entre Ríos, mostrando la distribución de abanico aluvial de las arenas de la Formación Ituzaingó (al oeste) y Formación Salto Chico (al este) en superficie y subsuelo. No se ha marcado la distribución de la Formación Puelches.

Desde un principio, y merced a la presencia de notorias estructuras sedimentarias, ninguno de los autores tuvo problemas en considerar un origen fluvial para esta formación, que es aceptada tanto por los investigadores más antiguos hasta los modernos. Una confirmación más reciente, con descripción detallada de facies, fue brindada por Jalfin (1988), para la localidad de Empedrado (provincia de Corrientes), pero por la constancia de los caracteres sedimentológicos se puede admitir este origen, naturalmente con algunas variaciones, para toda su extensión (véase también Iriondo y Rodríguez, 1973).

Litología

Los caracteres litológicos de esta Formación fueron descriptos en varios trabajos, en diferentes localidades; citamos como las más representativas las de De Alba (1953), Herbst (1971), Iriondo y Rodríguez (1973), Herbst y Santa Cruz (1985) y Jalfin (1988). De acuerdo con el primer autor (para la localidad tipo) se trata básicamente de "...arenas y areniscas de poca consolidación, blandas, friables, de grano fino, mediano hasta grueso bastante redondeado y de coloración variable en la que domina el tono amarillento o amarillento rojizo. También existen pocos conglomerados. Su grado de cementación, en general pobre, está determinado por un cemento limonítico ligeramente arcilloso". Autores posteriores, repitiendo esencialmente esta caracterización, agregaron datos sobre las intercalaciones de lentes o capas de arcillas, de espesores no mayores que los 2-3 m, visibles en distintas localidades (Herbst, 1971; Herbst *et al.*, 1976), siendo, quizás, la más interesante un depósito lenticular de arcillas negras de Punta del Rubio (Depto. Lavalle, Corrientes) que brindó una interesante asociación polínica estudiada por Anzótegui (1974) y otra de Empedrado, de donde Herbst y Camacho (1970) y luego (Morton 1987) describieron una fauna de pelecípodos dulceacuícolas. Herbst (1971) brinda unos pocos datos mineralógicos y cita la presencia de las geodas ferruginosas, las llamadas "rognons ferrugineaux" de D'Orbigny. Más adelante Herbst *et al.*, (1976) mencionan por primera vez la presencia de caolinita y montmorrillonita entre las arcillas, y la existencia de una capa de toba (entre -70 y -72 m) en la perforación de la ciudad de Corrientes. La composición de las arenas/areniscas fue estudiada entre otros por Iriondo y Rodríguez (1973) y se compone predominantemente por cuarzo (hasta 99% en algún caso), con algunos feldspatos potásicos y plagioclasas ácidas, con opacos como magnetita/titanita, y escasa representación de zircón, turmalina, cianita, estaurólita y unos pocos minerales más. Datos más precisos sobre la composición mineralógica de las arcillas fueron brindados por Herbst y Santa Cruz (1985) que mostraron una dominancia general de caolinita (con proporciones mayores al 90% en muchos casos), y la presencia subordinada de montmorrillonita e illita (con proporciones variables, aunque alta en algunas muestras). Jalfin (1988) realizó un estudio sedimentológico con algún detalle, concluyendo que la Formación Ituzaingó representa un "paleorío entrelazado arenoso de baja sinuosidad homologable al modelo de sedimentación actual del río Platte (USA)". Señala asimismo este autor que aquel paleorío habría sido el antecesor del actual río Paraná, poseyendo una pendiente regional similar a la de éste, con un posible control estructural que habría limitado la margen izquierda de la planicie entrelazada. Estos datos también son analizados por Chebli *et al.*, (1989) quienes terminan señalando: "Se trata, sin dudas, del lento relleno de una cuenca de escasa subsidencia, lejana con respecto al área de aporte y solo afectada por movimientos epirogénicos poco relevantes. Es probable que los cambios climáticos hayan influido significativamente en el tipo y volumen de los depósitos que, evidentemente, son más conspicuos en climas con importante descarga pluvial".

En el tramo que va desde unos kilómetros al norte de Paraná y hasta aproximadamente la localidad Hernandarias, la base de la Formación Ituzaingó está constituida por el denominado “conglomerado osífero” (Frenguelli, 1920); éste es un depósito fluvial que aparentemente rellenó en forma discontinua, y sobre una morfología preexistente, esta parte de la región mesopotámica ya que su extensión areal y sus afloramientos son reducidos. Está constituido por arenas fluviales y conglomerádicas, del mismo carácter y composición que el resto de la Formación; a pesar de su escaso espesor y representatividad regional, resulta sobremanera importante por los abundantes restos de vertebrados que contiene, en una mezcla de taxones decididamente marinos y continentales. El tipo de fosilización de estos fósiles es muy semejante a los de la Formación Paraná, lo que sumado a una recolección de materiales “sueltos” en las playas del río, generó un fuerte caos de interpretaciones que se reflejó en la nomenclatura de las unidades. Cione *et al.* (2000) analizan con solvencia el tema de esta fauna, discriminando cuales fósiles provienen de la Formación Paraná y cuales del “conglomerado osífero”.

Espesor

El mayor espesor medido de esta Formación se halla en la perforación INCYTH n° 1, en la ciudad de Corrientes, con unos 160 m. Este espesor va disminuyendo hacia el sur, y seguramente las cifras obtenidas tienen que ver con variaciones locales durante el proceso sedimentario. De esta manera, por ejemplo en las cercanías de la ciudad de Paraná, la Formación no supera los 15 m; en la zona del Delta (perforación de Gualeguay) Groeber (1961) señala un espesor de unos 87 m pero es posible que en éste se haya incorporado parte de la Formación Paraná, cuyas arenas, a veces, son difíciles de distinguir de las de la Formación Ituzaingó.

Distribución areal

Los afloramientos de la Formación Ituzaingó, se extienden desde unos pocos kilómetros al este de la ciudad de Ituzaingó, casi ininterrumpidamente a lo largo de las barrancas del río Paraná hasta un poco al norte de la ciudad de Paraná. Asimismo, afloran en diversos arroyos y particularmente en una serie de lomadas, de dirección general NE-SW, en la mitad occidental de la provincia de Corrientes. Su distribución en el subsuelo es más amplia ya que también se extiende por las provincias de Chaco y de Santa Fe (Fig. 1). Un esquema geológico de Corrientes, reproducido de Herbst y Santa Cruz (1985), muestra su distribución en esa provincia. (Fig. 2). En Entre Ríos, su extensión en el subsuelo también es bastante amplia y fue registrada, por lo menos, hasta la zona del Delta (Groeber, 1961) como también en el subsuelo de las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, con el nombre de Formación Puelches (Santa Cruz, 1972). Como “Unidad sísmo-estratigráfica” 3 (USE 3) es citada por Paterlini *et al.* (1993) en afloramientos en la Isla Martín García, quienes señalan que se trata de la Formación Puelches.

Relaciones estratigráficas

El yaciente de la Formación Ituzaingó no es siempre el mismo. En la zona norte, en la localidad tipo y en sus cercanías, se apoya directamente sobre los basaltos de la Formación Serra Geral que son de edad Cretácica (Amaral *et al.*, 1966 ; McDougall & Rüegg, 1966).

Herbst y Santa Cruz, (1985) proveen unas dataciones de Corrientes de 157 y 148 +/- 5 Ma. Hacia el interior de esta provincia, en la perforación Santa Rosa, se asienta discordantemente sobre la Formación Fray Bentos (Oligoceno medio ?) (Herbst, 1980 ; Herbst y Santa Cruz, 1985). Desde aproximadamente la latitud de la ciudad de Corrientes y en toda una franja a lo largo del río Paraná, se sobrepone a la Formación Paraná, como fuera demostrado en las perforaciones de esa ciudad y en la zona de Goya (Herbst *et al.*, 1976); en superficie se puede observar esta relación a partir de la latitud del arroyo Feliciano (Entre Ríos) hacia el sur. La edad de la Formación Paraná resulta ser Mioceno medio-superior (Aceñolaza, 2000; Cione *et al.*, 2000; Del Rio, 2000).

En general se le sobreponen los sedimentos Pleistocenos de las Formaciones Toropí y/o Yupoí (Ensenadense y Lujanense) en la provincia de Corrientes (Herbst y Santa Cruz, 1985), y las Formaciones Hernandarias y Alvear en la provincia de Entre Ríos (Iriondo, 1980). Es frecuente también que se le superpongan algunas unidades del Pleistoceno más alto o bien directamente los suelos recientes en ambas provincias.

Paleontología

Si bien los hallazgos no han sido abundantes, esta unidad ha brindado diversos fósiles, principalmente plantas, palinomorfos e invertebrados dulceacuícolas. Hasta la fecha no se han encontrado restos de vertebrados, salvo aquellos del “conglomerado osífero” en la provincia de Entre Ríos, porción basal de la Formación, de muy restringida distribución areal.

Las plantas, principalmente cutículas de numerosos taxones de angiospermas, fueron descritas por Anzótegui (1978) como así también los palinomorfos (Anzótegui, 1974). Hay descripciones de maderas petrificadas, como las Anacardiaceae, Leguminosae y palmeras de la Formación Salto Chico del sur de Corrientes y norte de Entre Ríos (Lutz, 1979, 1980 y 1984); Brea y Zucol (2000) brindan una síntesis actualizada sobre estas maderas fósiles. El conjunto de los elementos florísticos fue analizado y resumido en un trabajo de Anzótegui y Lutz (1987) donde se plantea la ubicación de las paleocomunidades presentes en esta unidad estratigráfica; de la misma manera Brea y Zucol (*op. cit.*) aportan ideas sobre las paleocomunidades y sus habitats. Los resultados muestran que si bien las asociaciones vegetales son muy semejantes a las actuales, su distribución espacial es algo diferente lo que estaría ligado a climas distintos.

Los primeros pelecípodos dulceacuícolas, todos Unionidos diplodóntidos, de la zona de Empedrado (Corrientes) fueron descritos por Herbst y Camacho (1970) y luego por Morton y Jalfin (1987). Asimismo, de la margen derecha del río Paraná, en la República del Paraguay, en la zona cercana a la gran presa de Yacretá, Morton y Sequeira (1987) describieron dos nuevas especies de moluscos Unionidos.

El conjunto de todos estos fósiles muestra una variedad de ambientes dentro del área de este enorme paleorío que conciden totalmente con la información lograda a partir de otras fuentes, particularmente la sedimentología.

Edad

La edad de esta unidad sedimentaria también ha sido objeto de controversias y ha fluctuado entre el Mioceno (Castellanos, 1965), el Plioceno (Herbst, 1971; Chebli *et al.*, 1979) y el Cuaternario (Reig, 1957; Bidegain, 1993) para citar solamente algunos autores sostenedores de

las respectivas ideas. Su posición estratigráfica, en discordancia sobre la Formación Paraná, que a su vez está asignada al Mioceno medio o superior (Aceñolaza, 2000; Del Rio, 2000; Cione *et al.*, 2000) y el notable cambio de facies que representa con respecto a ésta, más la historia que se propone más abajo, permiten decidir que la edad máxima de la Formación no es más antigua que el Plioceno. Los fósiles vegetales e invertebrados que se han encontrado hasta ahora, no son útiles para las dataciones, ya que en la mayoría de los casos son taxones nuevos.

Sin embargo, los abundantes restos de vertebrados del “conglomerado osífero”, que se considera como basal a la Formación, son analizados por Cione *et al.* (2000) que llegan a la conclusión que el grueso de la fauna indicaría fuertes afinidades con las del Chasicense y/o Huayqueriense de la escala de edades-mamífero de la Argentina, sin descartar la posibilidad de llegar hasta el Montehermosense, esto es, el Plioceno inferior (cuadro 1). Esta datación, basada en los fósiles que se consideran coetáneos al depósito (y no los redepositados de la Formación Paraná) ubicaría la base de Ituzaingó en Tortoniano-Messiniano de la escala cronológica internacional (Cione *et al.*, 2000).

La distribución fitogeográfica propuesta por Anzótegui y Lutz (1987) difiere en algunos aspectos de la actual, lo que le conferiría alguna antigüedad, la necesaria para los desplazamientos de las unidades, tiempo que probablemente sea mayor que la duración total del Pleistoceno.

Debe señalarse, además, que Bidegain (1993) basándose en estudios paleomagnéticos, postula una edad bastante más moderna para toda la secuencia que aflora en Entre Ríos, ubicando incluso a la Formación Paraná, dentro del Plioceno y por extensión a la Formación Ituzaingó en Plio-Pleistoceno.

Estas evidencias son contradictorias pero todas basadas, aparentemente, en buenos y sólidos argumentos. Hasta tanto surjan elementos de juicio más precisos para dilucidar esta polémica, se va a aceptar un criterio algo más amplio al sustentado en Herbst y Santa Cruz (1985) que han ubicado la unidad en el Plioceno superior, admitiendo que su base sea más antigua, llevando la datación a Plioceno medio-superior.

Historia geológica

Es interesante señalar que los sedimentos de la Formación Ituzaingó se presentan solamente a partir de unos kilómetros al este de la localidad homónima, tanto en territorio argentino como paraguayo. Más al este y desde el norte, el río Paraná corre sobre el lecho rocoso provisto por los basaltos de Serra Geral. Se ha postulado desde hace mucho que, donde desaparecen los basaltos en superficie, en cercanías de la mencionada localidad de Ituzaingó donde se ubican los llamados “saltos de Apipé”, el que aquí llamaremos “río Ituzaingó” (o antiguo río Paraná o Paleoparaná) al llegar a aquella llanura, se abría en numerosos brazos en un enorme abanico aluvial húmedo, cuya forma podría asimilarse a las mega o gigantiformas de abanicos húmedos del actual sistema Bermejo/Pilcomayo; restos de esa estructura serían las áreas donde actualmente se encuentran los depósitos de la Formación Ituzaingó, que se extienden en un gran abanico, extendido en Paraguay (en los actuales “esteros del Ñeembucú”) y Argentina en las llamadas “lomadas” o “cordones arenosos” (Herbst y Santa Cruz, 1985) (Fig. 2). Se ha postulado también que el actual tramo E-W, aproximadamente entre Posadas (provincia de Misiones) y la confluencia con el río Paraguay (cerca de la ciudad de Corrientes) resulta algo anómalo en la región, tanto desde el punto de vista estructural como geomorfológico, y que es producto del encauzamiento del paleorío Ituzaingó que fuera capturado por el paleo-Paraguay. Popolizio (com. pers. en 1975) ya había señalado que la paleomorfolología del primer tramo del actual río

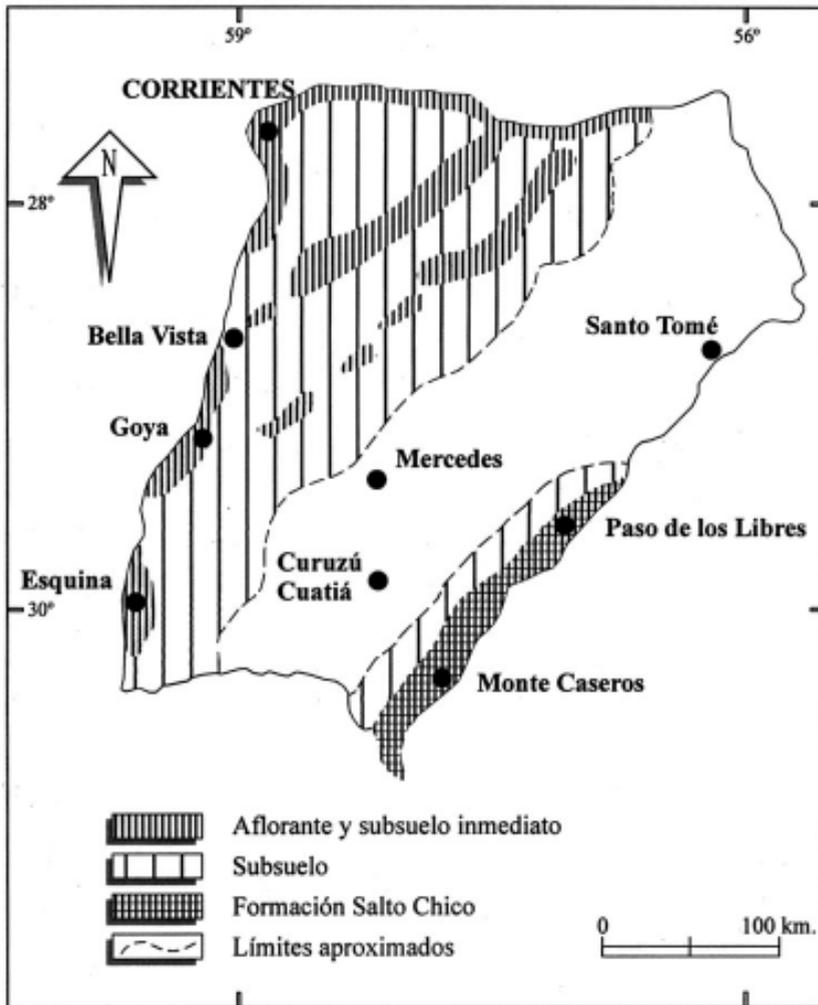


Figura 2: esquema de la distribución de las Formaciones Ituzaingó y Salto Chico en superficie y subsuelo, en la provincia de Corrientes (adaptado de Herbst y Santa Cruz, 1985).

Paraná (desde confluencia y hasta muchas decenas de kilómetros aguas abajo) responde a los caracteres sedimentológicos y geomorfológicos del río Paraguay y no a los del Paraná. Más hacia el sur, esta paleomorfología queda enmascarada, porque el aporte del volumen de agua (y sedimentos) del río Paraná hoy es muchas veces superior al del río Paraguay y por lo tanto deja mejor su impronta. La idea de la captura del paleorío Ituzaingó por parte del río Paraguay podría explicar el exceso de carga suspendida que se opera en la evolución desde este paleorío al actual Paraná. Las arcillas aportadas por el Paraguay (con el Pantanal y los afluentes occidentales, entre ellos el Bermejo y Pilcomayo, como áreas de aporte) ingresan al Paraná cambiando su configuración debido a este exceso de carga suspendida. El Paraná superior (desde Ituzaingó hacia el norte) tiene su lecho de roca (Formación Serra Geral) con características de río entrelazado, mientras que el Paraná medio (desde esa localidad hacia el este y luego al sur) con lecho de

arena, se ajusta mejor al modelo de río anastomosado. El paleorío Ituzaingó era del tipo Platte, es decir entrelazado arenoso con el desarrollo de amplias barras transversales. La carga transportada habría sido principalmente del lecho, arenas medianas a finas, conformando megaóndulas 3D que superpuestas formaban barras arenosas; en otras palabras, un río de aguas más o menos límpidas, de fondo arenoso, donde se observan bancos arenosos que afloran durante el estiaje y están totalmente sumergidos durante las crecidas. El ancho de los canales habría sido grande, y la faja de canales podría haber alcanzado los 2 a 3 km de ancho.

Por su parte, el Paraná es un río de tipo anastomosado, cuya carga es esencialmente mixta (del lecho más suspensiva). El exceso de carga suspendida es lo que favorece el desarrollo de islas permanentes, que es una de las diferencias con el paleorío Ituzaingó. En el Paraná las barras transversales evolucionan hacia esas islas permanentes y en esa transformación la vegetación juega un papel importante. Durante el estiaje, los restos de vegetales transportados por flotación, quedan anclados sobre el tope de las barras y esta vegetación, aún no implantada, sirve de red de captura de sedimentos finos que contribuirán luego a la formación de los suelos que son necesarios para la colonización de estas plantas. El incremento en el volumen de raíces en el suelo da cohesión a los márgenes de las islas y fija la posición de los canales adyacentes. A partir de allí, las sucesivas crecidas del canal, contribuyen al desarrollo de albardones alrededor de la isla, que de allí en más es permanente. Durante las crecidas extraordinarias los albardones son rotos (crevasse) y el agua y sedimentos llegan al interior de la isla pudiendo entonces formar lagunas o pantanos en las porciones más deprimidas. Si ese canal de crevasse es sucesivamente ocupado por las crecidas, la isla se cortará produciéndose un instantáneo crecimiento del grado de entrelazamiento acompañado de una reducción de la sinuosidad de los canales.

Contribuye también a reafirmar esta historia el hecho que, por lo menos parte de los sedimentos de la Formación Ituzaingó, serían más y más jóvenes a medida que son depositados hacia el sur por el paleorío Ituzaingó. En tal sentido, Groeber (1961), Santa Cruz (1972) y Braccacini (1980) sostienen que las arenas de la Formación Puelches, de aceptada edad Pleistocena en la zona de provincia de Buenos Aires, que correlacionan sin duda con la Formación Ituzaingó, constituirían el episodio terminal, austral, de este proceso sedimentario. En apoyo a estas ideas, Santa Cruz (1972) señala que las asociaciones de minerales (cuarzo, los asociados translúcidos y opacos, y sus arcillas) de la Formación Puelches deben haber derivado de sedimentos preexistentes como la Formación Botucatu de Brasil o bien directamente del basamento cristalino brasileño

Paralelamente al funcionamiento del río Ituzaingó, durante todo este lapso, se han registrado varios episodios sedimentarios palustres, lacustres, y fluviales en el Pleistoceno (Ensenadense y Lujanense), por ejemplo las Formaciones Toropí y Yupoi en Corrientes y las Hernandarias y Alvear en Entre Ríos; particularmente los sedimentos de la Formación Hernandarias, representan el registro de uno o varios paleolagos de bastante extensión, que se habrían desarrollado en un clima de mayor aridez y más frío que el actual.

Estos cambios climáticos están bien documentados en otras regiones de Argentina e incluso de todo el cono sur y pueden y deben haber influido en los mecanismos de sedimentación del paleorío Ituzaingó. Se puede sostener que el actual río Paraná, con una morfología semejante (aunque no igual), tipo de sedimentos, orientación geográfica (*vide* Iriondo y Rodríguez, 1973), es el descendiente directo del paleorío Ituzaingó. Más aún, la orientación del "paleo-Puelches" constituido por canales fluviales no muy profundos, tiene casi la misma dirección que el Paraná, esto es, NNE-SSW (Santa Cruz, 1972).

Con esta interpretación, se da el interesante caso de un río de cierta duración, esto es, una etapa que denominamos paleorío Ituzaingó, que comienza en el Plioceno medio(?) -superior y

continúa ininterrumpidamente hasta la del actual río Paraná, mientras en las áreas circundantes ocurrían los otros procesos sedimentarios mencionados.

Agradecimientos

Es particularmente grato agradecer al Dr. Guillermo A. Jalfin, los datos y comentarios sobre la sedimentología de la Formación Ituzaingó, a quién se le deben algunos párrafos enteros de este escrito; discusiones sobre este tema vienen desarrollándose desde 1983.

Bibliografía

- Aceñolaza, F. G., 2000. La Formación Paraná (Mioceno Medio), estratigrafía, distribución regional y unidades equivalentes. En: Aceñolaza, F. G. y Herbst, R. (Eds.) *Correlación Geológica* 14: 9-27
- Amaral, G., Cordani, V.G., Kawashita, K. y Reeynolds, J.H., 1966. Potassium-argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. *Geochimica & Cosmochimica Acta* 30 : 159-189
- Anzótegui, L.M., 1974. Esporomorfos del Terciario superior de la provincia de Corrientes, Argentina. *1º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas* 2 : 318-329
- Anzótegui, L. M., 1978. Cutículas del Terciario superior de la provincia de Corrientes, Argentina. *2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología* 3 : 141-167
- Anzótegui, L. M. y Lutz, A. I., 1987. Paleocomunidades vegetales del Terciario superior ("Formación Ituzaingó") de la Mesopotamia Argentina. *Revista Asociación Ciencias Naturales del Litoral* 18 (2) : 105-228
- Bidegain, J.C., 1993. Primeros análisis paleomagnéticos en sedimentos del Cenozoico tardío en las márgenes del río Paraná. *Revista Asociación Geológica Argentina* 48 (3-4) : 247-256.
- Braccacini, O.I., 1980. Cuenca del Salado. En : *Geología Regional Argentina*, II : 879-918 (Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Argentina).
- Brea, M., y Zucol, A. 2000. Lignofloras del Cenozoico superior del Noroeste Argentino en: Aceñolaza F. G. y Herbst R. (eds.) *El Neógeno de Argentina*.
- Bonarelli, G., y Longobardi, E., 1929. Memoria explicativa del mapa geo-agrológico de Corrientes. *Imprenta del Estado* (Corrientes) 1 , pp. 323
- Castellanos, A., 1965. Estudio fisográfico de la provincia de Corrientes. *Instituto Fisiografía y Geología (Univ. Nac. del Litoral-Rosario)*, Publicación 49, pp122
- Chebli, G., Tofalo, O. y Turazzini, G., 1989. Mesopotamia, en : Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds.) "*Cuencas Sedimentarias Argentinas*": 79-100 (Tucumán)
- Cione, A.L., Azpelicueta, M.M., Bond, M., Carlini, A. A., Casciotta, J.R., Cozzuolo, M.A., De la Fuente, M., Gasparini, Z., Goín, F.J., Noriega, J., Scillato-Yané, G.J., Soibezón, L., Tonni, E.P. y Vucetich, M.G., 2000. The miocene vertebrates from Paraná, eastern Argentina. En : Aceñolaza, F.G., y Herbst, R. (Eds.). *Correlación Geológica* n° 14: 191-229
- Código Argentino de Estratigrafía, 1992, *Asociación Geológica Argentina Serie "B"*, n° 20 : 1-64.
- De Alba, E., 1953. Geología del Alto Paraná, en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. *Revista Asociación Geológica Argentina* 8 (3) : 129-161
- De Alba, E., 1965. Aprovechamiento del río Paraná en la zona de los rápidos de Apipé. Resumen sobre las características y condiciones geológicas. *Acta Geológica Lilloana* 7 : 95-106.
- De Alba, E. y Vera Morínigo, G., 1964. Aprovechamiento del río Paraná en la zona de las islas Yacretá y Apipé. Informe sobre las características geológicas. *Comisión. Mixta Técnica Paraguayo-argentina del Apipé* Bs. Aires. Informe inédito.
- Del Río, C., 2000. Malacofauna de las Formaciones Paraná y Puerto Madryn (Mioceno marino, Argentina): su origen, composición y significado bioestratigráfico. En : Aceñolaza, F. G. y Herbst, R. (Eds.) *Correlación Geológica* n° 14: 77-101
- D'Orbigny, A., 1846. *Voyage dans l'Amérique Méridionale*. Tomo III (traducción española de Editorial Futuro, Bs. Aires).
- Frenguelli, J., 1920. Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 24 : 55-256
- Gentili, C. A., y Rimoldi, H. V., 1979. Mesopotamia, en : *Geología de la República Argentina*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 1 : 185-223
- Gentili, C.A., Rosenman, H. L. y Lourenço, A. M., 1974. Características geológicas generales del territorio brasileño en la faja adyacente en el curso medio del río Uruguay. *Revista Asociación Geológica Argentina* 29 (2) : 223-230.
- Groeber, P., 1961. Contribuciones al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. *Comisión Investigaciones Científica de Buenos Aires, Anales* 2 : 9-54

- Herbst, R., 1971, Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina* 26 (2) : 221-243
- Herbst, R., 1980, Consideraciones estratigráficas y litológicas sobre la Formación Fray Bentos (Oligoceno inf-medio) de Argentina y Uruguay. *Revista Asociación Geológica Argentina* 35 (3) : 308-317
- Herbst, R., y Camacho, H. H., 1970, Sobre el hallazgo de bivalvos de agua dulce (Unionidae y Mycetopodidae) en el Terciario superior de Empedrado, provincia de Corrientes, Argentina. *Ameghiniana* 7 (4) : 335-340
- Herbst, R., Santa Cruz, J. N., y Zabert, L. L., 1976, Avances en el conocimiento de la estratigrafía de la Mesopotamia Argentina, con especial referencia a la provincia de Corrientes. *Revista Asociación Ciencias Naturales del Litoral* 7 : 101-121
- Herbst, R., y Santa Cruz, J. N., 1985, Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. *D'Orbignyana* 2 pp. 51
- Iriondo, M. H., 1980, El Cuaternario de Entre Ríos. *Revista Asociación Ciencias Naturales del Litoral* 11 : 125-141
- Iriondo, M. H., y Rodríguez, E. D., 1973, Algunas características sedimentológicas de la Formación Ituzaingó entre La Paz y Pueblo Brugo (Entre Ríos). *5º Congreso Geológico Argentino, Actas* 1 : 317-331
- Jalfin, G. A., 1988, Formación Ituzaingó (Plio-Pleistoceno) en Empedrado, provincia de Corrientes : un paleo río arenoso entrelazado tipo Platte. *2º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas* : 130-134
- Lutz, A. I., 1979, Maderas de Angiospermas (Anacardiaceae y Leguminosae) del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 3 : 39-63
- Lutz, A. I., 1981, *Entrerrioxylon victoriensis* nov. gen. et sp. (Leguminosae) del Mioceno superior (Formación Paraná) de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 4 : 21-29
- Lutz, A. I., 1980, *Palmoxylon concordense* nov. sp. del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *2º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología* 3 : 129-140
- Lutz, A. I., 1984, *Palmoxylon yuqueriense* nov. sp. del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *3º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas* : 197-207
- McDougall, I. & Rüegg, N.R., 1966, Potassium-argon dates on the Serra Geral Formation of South America. *Geochimica & Cosmochimica Acta* 30 : 191-195
- Morton, L. S., y Jalfin, G. A., 1987, Análisis de la Formación Ituzaingó en la localidad de Empedrado y alrededores, provincia de Corrientes, Argentina. II. Hallazgo del género *Mycetopoda* (*M. herbsti* nov. sp.) y revisión de la malacofauna asociada, con algunas consideraciones paleoecológicas. *Facena* 7 : 201-221
- Morton, L. S., y Sequeira, P. A., 1991, Pelecípodos de agua dulce de la Formación Ituzaingó (Plioceno Tardío) de la presa de Yacyretá, Depto. Itapúa, Paraguay. *Revista Asociación Ciencias Naturales del Litoral* 22 (1) : 25-34
- Paterlini, M., Parker, G. y Costa, I., 1993, Afloramientos de las arenas Puelches en el Río de la Plata superior. *12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso Exploración de Hidrocarburos, Actas* 2 : 213-219
- Reig, O. A., 1957, Sobre la posición sistemática de "*Zygoletes*..." ...con una reconsideración de la edad y correlación del "Mesopotamiense". *Holmbergia* 5 (12-13)
- Santa Cruz, J. N., 1972, Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos Aires. *Revista Asociación Geológica Argentina* 27 (1) : 5-62 (Buenos Aires).

Recibido: 18 de mayo de 2000

Aceptado: 15 de octubre de 2000

Miocene vertebrates from Entre Ríos province, eastern Argentina

Alberto Luis CIONE¹, María de las Mercedes AZPELICUETA², Mariano BOND¹, Alfredo A. CARLINI¹, Jorge R. CASCIOTTA², Mario Alberto COZZUOL³, Marcelo de la FUENTE¹, Zulma GASPARINI¹, Francisco J. GOIN¹, Jorge NORIEGA⁴, Gustavo J. SCILLATOYANÉ¹, Leopoldo SOIBELZON¹, Eduardo Pedro TONNI¹, Diego VERZI², María Guiomar VUCETICH¹

Resumen.- VERTEBRADOS DEL MIOCENO DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, ARGENTINA. La diversa fauna de antiguos vertebrados que se registra en los acantilados que bordean la margen oriental del río Paraná cerca de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos, Argentina se conoce científicamente desde la primera mitad del siglo XIX. En esos sedimentos se han colectado numerosos vertebrados de agua dulce, marinos y terrestres. Los fósiles proceden casi exclusivamente de la Formación Paraná (taxones marinos y de agua dulce: elasmobranchios, teleosteos, cetáceos, sirenios y pinnípedos) y en el "Conglomerado osífero" ("Mesopotamiense" auctorum) en la base de la Formación Ituzaingó (taxones marinos, de agua dulce y terrestres: elasmobranchios, teleosteos, cocodrilos, quelonios, aves y diferentes grupos de mamíferos). Los cetáceos sugieren que al menos el tope de la Formación Paraná es Tortoniano (Mioceno Tardío). El término "Piso Mesopotamiense" o "Mesopotamiense" es considerado inválido. El "Conglomerado osífero" parece representar un corto lapso. La fauna terrestre sugiere una edad Huayqueriense (Tortoniano) para el "Conglomerado osífero". La evidencia de vertebrados y las relaciones estratigráficas confirman la correlación de al menos la base de las capas puelchenses del subsuelo de la región pampeana con la Formación Ituzaingó. De acuerdo a la evidencia que aportan los cetáceos y los peces, las temperaturas marinas durante la deposición de la parte superior de la Formación Paraná eran similares a aquellas presentes en la plataforma atlántica actual a la misma latitud. Tanto la fauna terrestre como la de agua dulce del "Conglomerado osífero" indican un clima más cálido que el actual. Los vertebrados de agua dulce sugieren importantes conexiones entre las cuencas hidrográficas del sur y del norte de América del Sur. Los restos de aves y de mamíferos (y plantas) sugieren la presencia de áreas forestadas a lo largo de las costas de los ríos donde se depositó el "Conglomerado osífero" y áreas abiertas cercanas.

Introduction

The fossiliferous beds in the Paraná eastern riverside cliffs near the city of Paraná, eastern Argentina have been scientifically known since 1827 when Alcide D'Orbigny visited the area (D'Orbigny, 1842; Figures 1,2). The cliffs are extremely rich in marine and continental aquatic and terrestrial vertebrate remains. However, most of the collections were done without accurate stratigraphic provenance. For this, during many years it was debated if the material came from

¹ Departamento Científico Paleontología Vertebrados, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, 1900 La Plata, Argentina. E-mail: acione@museo.fcnym.unlp.edu.ar, azpeli@museo.fcnym.unlp.edu.ar, palvert@museo.fcnym.unlp.edu.ar (Bond), acarlini@museo.fcnym.unlp.edu.ar, jrcas@museo.fcnym.unlp.edu.ar, mdlafu@museo.fcnym.unlp.edu.ar, zgaspari@museo.fcnym.unlp.edu.ar, fgoin@museo.fcnym.unlp.edu.ar, palvert@museo.fcnym.unlp.edu.ar (Scillato), palvert@museo.fcnym.unlp.edu.ar (Soibelzon), eptonni@museo.fcnym.unlp.edu.ar, dverzi@museo.fcnym.unlp.edu.ar, vucetich@museo.fcnym.unlp.edu.ar.

² Departamento Científico Zoología Vertebrados, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, 1900 La Plata, Argentina. E-mail: dverzi@museo.fcnym.unlp.edu.ar.

³ Universidad Federal de Rondônia, Porto Velho, RO, Brasil. E-mail: cozzuol@enter-net.com.br

⁴ Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Diamante, Dr. Materi y España 3105 Diamante, Argentina. E-mail: cidnoriega@infoshopdte.com.ar.

one level or another. Moreover, different marine levels were identified in the cliffs.

Presently, several of us are making new collections with accurate stratigraphic provenance in the cliffs between Pueblo Brugo and Diamante (ALC, JN, MMA, JRC, EPT) with financial support of the CONICET and ANPCYT. We are confident that many of the present uncertainties will be set with this field work.

In this paper, the vertebrate record from the marine and continental Miocene units in the Paraná area is briefly revised by different specialists and a preliminary revised list is apported. Finally the correlation of the bearing units, and climatic and biogeographic aspects are discussed.

We include great part of the literature dealing with Miocene vertebrates from Paraná area. The taxonomic lists include those taxa that are considered relatively well identified. Certainly, the investigations are in progress and, in the following years, many of the taxonomic assignments will be modified and new taxa will be included in the lists by means of new findings or the study of previous collections.

History

When Florentino Ameghino, in his important work on the extinct mammals of Argentina (1889), discussed the vertebrates from the «Piso Mesopotámico» of Doering (1882), he included about 90 mammal species in addition to fish and reptiles. This paper by Ameghino was a peak in the knowledge of the Miocene vertebrates from the Paraná area, which had begun with the visit of D'Orbigny to the area in 1827 (Figure 1).

The French researcher Alcide D'Orbigny arrived in America in 1826. In the next year, he explored the Paraná riverside cliffs near the city of the «Bajada de Santa Fé,» a former name for the city of Paraná, and later (1842) described the stratigraphy and many fossils. One of these fossils was a species of the endemic ungulate genus *Toxodon* described by Laurillard in D'Orbigny (1842); the species was different from the more recent *Toxodon platensis*, described by Owen and coming from the «arcilla pampeana.» D'Orbigny, based on the invertebrates, correctly attributed a Tertiary age to the sediments.

Another famous scientist, Charles Darwin, visit the area during October, 1833. Darwin described the stratigraphy of the cliffs near Paraná. In a bed near the base of the ravines, he found shark teeth and invertebrates pertaining to extinct species. Above this level, Darwin found a consolidated bed that passed upward to typical Pampean sediments. Darwin interpreted that as the result of a large marine encroachment which was gradually tranformed in a muddy estuary where corpses floated (Darwin, 1839).

The General Justo José de Urquiza, first president of the Confederación Argentina, with capital in the city of Paraná, propitiated the beginning of systematic geological and paleontological research in the riverside cliffs. Urquiza hired, among others, the belge Alfred Du Gratty, who in 1854 was director of the Museo de la Confederación in Paraná; the French physicist and naturalist Martin de Moussy, who was in charge of surveying the national territory; and the French architect (and amateur paleontologist), August Bravard, whose first assignment was surveying mineral deposits.

Bravard was appointed director of the Museo de la Confederación in 1857. A year later, the Registro Oficial de la Confederación published the «Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías de Paraná» (Bravard, 1858). This paper was the sum of his research which had previously been communicated in the natural history societies of Buenos Aires and Paris in 1855 and 1856, respectively. Bravard's paper agreed in several respects with the observations

of D'Orbigny and Darwin but was in contradiction with the conclusions of a paper by De Moussy (1857).

Bravard (1858) described for the first time several teleosts and elasmobranchs, reptiles (including chelonians, ophidians and crocodiles), and mammals. The president Domingo Faustino Sarmiento sent the materials collected by Bravard to the Museo Nacional de Historia Natural of Buenos Aires. Mammals were represented by a whale and a rodent smaller than «*Megamys patagoniensis*,» described by D'Orbigny (1842) from the río Negro riverside cliffs near Carmen de Patagones (northern Patagonia). Bravard considered that the Paraná and Patagones beds were of similar age.

In 1861, Bravard died during an earthquake that destroyed the city of Mendoza (western Argentina). After Bravard (1858), the only publication in many years was the «Description Physique, Géographique et Statistique de la Confederation Argentine» (De Moussy, 1860).

The Museo de la Confederación was refounded as the Museo de la Provincia de Entre Ríos in 1884 and the teacher Pedro Scalabrini was its director since 1886. Scalabrini was a great fossil collector and soon was in contact with the great paleontologist Florentino Ameghino who eventually will describe the new material. This association was the origin of the knowledge of the mammal fauna from the «Piso Mesopotamiense» (Ameghino, 1883a, 1883b, 1885, 1886, 1889).

Between 1890 and 1892, the Swiss Kaspar Jacob Roth (Santiago Roth in the Argentinian literature; see Bond, 1999), surveyed the provinces of Entre Ríos and Corrientes. Roth made an important vertebrate collection from the «Conglomerado Osífero» of the Ituzaingó Formation, part of which was deposited in the Museo de La Plata, where he was appointed Head of the Sección Paleontología in 1895.

During the last part of the XIX and the beginning of the XX centuries, many amateurs collected near Paraná. Later, most of these private collections were deposited in the Museo Nacional de Historia Natural of Buenos Aires (Lelong Thévenet, Carles, Sors Cirera and Caixo collections) and Museo de La Plata (Sors Cirera). Other institutions where collections from Paraná area can be found are: Muséum National d'Histoire Naturelle of Paris and Natural History Museum of London.

During the XX century, since the important paper by Frenguelli (1920a), many authors published contributions on the paleontology and geology of the Paraná area (eg Bianchini and Bianchini, 1971; Aceñolaza, 1976; Aceñolaza and Sayago, 1980; Iriondo and Rodríguez, 1973; Noriega, 1995 and the bibliography cited therein).

Stratigraphic provenance of the Miocene vertebrates

The complex relationships between the marine and continental units cropping out in the cliffs provoked different interpretations. Most authors identified only one marine unit recognizable at the base of the cliffs (eg Ameghino, 1906; Scartascini, 1954; Aceñolaza, 1976). This marine unit is overlain by a thick fluvial and a terrestrial sequence. However, other authors proposed two or three marine transgressions (Frenguelli, 1920a; Cordini, 1949). The current stratigraphic scheme was proposed by Aceñolaza (1976; see also Aceñolaza and Aceñolaza, 1999; Figure 2) who interpreted the marine rocks as having originated during a single ingression represented by the Paraná Formation. Aceñolaza (1976) suggested that the marine beds located at higher levels in the riverside cliffs are relicts of an ancient topography that was wrongly

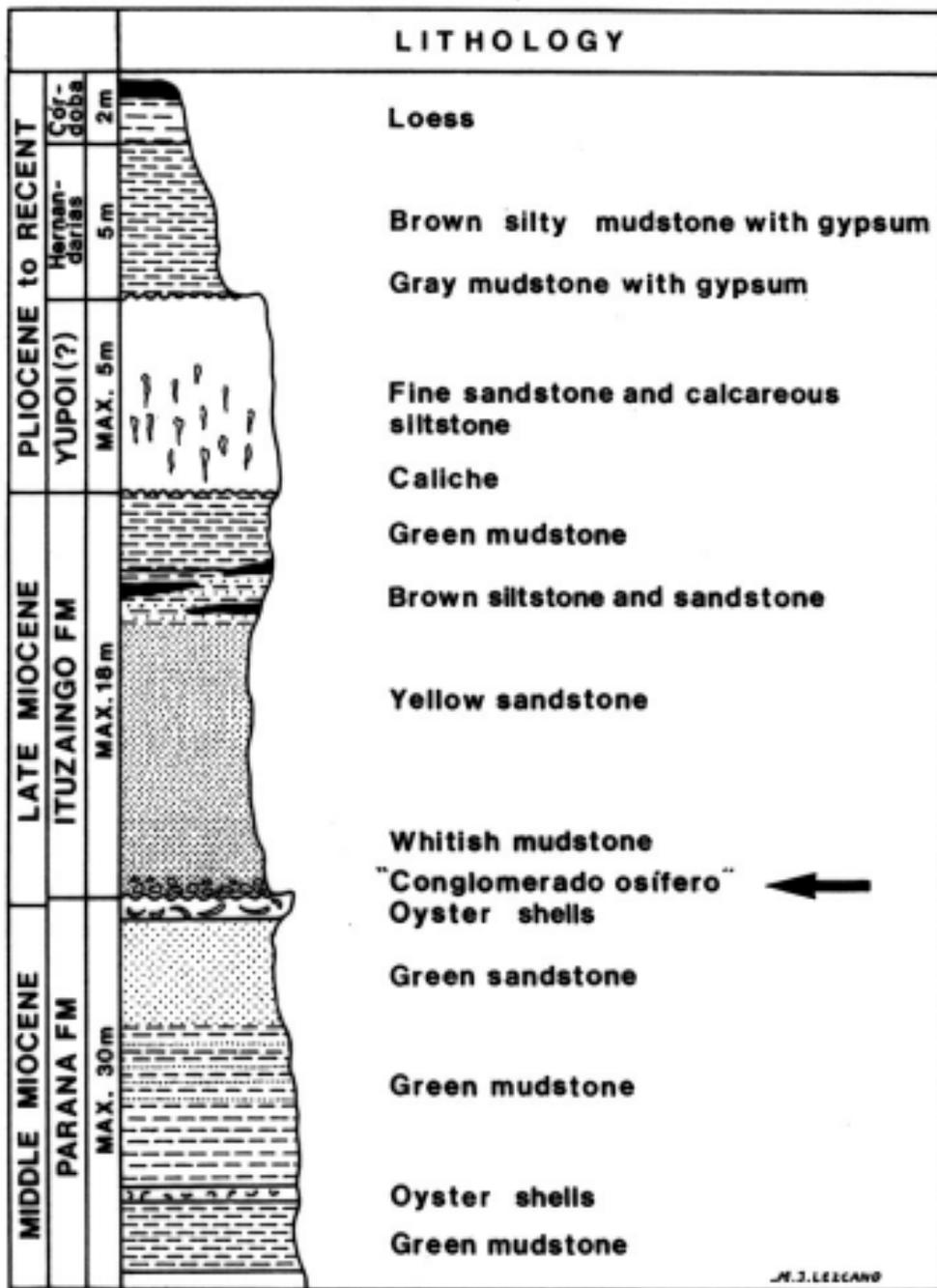


FIGURE 2. Generalized stratigraphic section of the late Cenozoic strata at the left side cliffs along the río Paraná near the city of Paraná, Entre Ríos, Argentina (modified from Aceñolaza, 1976). The arrow indicates the "Conglomerado osífero" at the base of Ituzaiñgó Formation.

interpreted as different marine incursions, especially by Frenguelli (1920a). The Paraná Formation is mainly composed by green mudstones and sandstones with oyster banks (Aceñolaza, 1976; Chebli et al., 1989). The Paraná Formation was apparently deposited during the large marine encroachment that covered the Chacopampean region during the middle Miocene ("Mid Transgressive Onlap Sequence;" see Uliana and Biddle, 1988; del Río, 1991). This transgression probably persisted in the East of Argentina until the Tortonian (see below). The fluvial Ituzaingó Formation overlies the marine unit. This formation is composed of a basal conglomerate ("Conglomerado osífero") with abundant vertebrate remains which is overlain by almost unfossiliferous whitish to yellow brown sandstones and green mudstones. Terrigenous Pleistocene (Ensenadan to Lujanian in the southern South American continental scale; see Cione and Tonni, 1995, 1996; Figure 3), poorly fossiliferous beds assigned to different units overlay the Ituzaingó Formation (Aceñolaza, 1976; Iriondo, 1980; Chebli et al., 1989). The Ituzaingó Formation (as Entre Ríos Formation) was correlated with the "Formación Puelche" of the Buenos Aires province subsoil (Reig, 1957; see below). According to the mammals occurring in the "Conglomerado osífero" and the stratigraphic relationships, the age of the base of Ituzaingó Formation is almost exclusively Tortonian (late Miocene) or Huayquerian in the local chronology (Pascual and Odreman Rivas, 1971; Cione, 1988; Figure 3; see discussion below).

The term "Piso Mesopotamiense" or "Mesopotamiense" was widely in use in the Argentinian vertebrate paleontology literature. This term was used for the first time by Doering (1882; see also Ameghino, 1883). Frenguelli (1920a) restricted the "Mesopotamiense" to the "Conglomerado osífero." Two of us discussed extensively the use of state/age concept in South America (Cione and Tonni, 1995, 1996) although we did not address the "Mesopotamiense" problem. Cozzuol (1993) proposed to define the "Mesopotamiense" as a formal stage/age unit.

Unfortunately, most of the fossils in collections from the Paraná area do not include adequate provenance. Labels in collections usually only state that the material come from the base of the cliffs near Paraná. However, after several campaigns, we confirmed that almost all the Miocene terrestrial and freshwater aquatic vertebrates come from the «Conglomerado Osífero» at the base of the Ituzaingó Formation. Field work is presently in progress and more precise information will be obtained. The «Conglomerado osífero» occurs in paleochannels, is laterally interrupted and rarely crops out because landslides. We do not find adequate to sustain a chronostratigraphic, biostratigraphic, geochronologic or even biochronologic unit based on the fossil and stratigraphic representation of the «Conglomerado osífero.» Consequently, we consider here the «Piso Mesopotamiense» sensu Frenguelli (1920a) or «Mesopotamiense» as invalid. In this paper, we will refer to the fossil content of the base («Conglomerado osífero») of a lithostratigraphic unit (Ituzaingó Formation) as present in several localities near Paraná without recognizing a local chronostratigraphic or biostratigraphic unit (Figure 2).

Some marine vertebrates (mainly sharks and rays) occur in the «Conglomerado osífero.» It has to be determined if the marine vertebrate remains were reworked from the Paraná Formation or they actually inhabited the channels where the «Conglomerado osífero» was deposited. Until now, we have corroborated that the Paraná Formation includes mainly marine, some freshwater and no terrestrial vertebrate.

In sum, present evidence indicates that most of the Miocene material from the Paraná area come from the marine Paraná Formation (elasmobranchs, teleosteans, cetaceans, sirenians and pinnipeds) and the «Conglomerado Osífero» at the base of the continental Ituzaingó Formation (elasmobranchs, teleosteans, crocodylians, chelonians, birds, and different groups of terrestrial and aquatic mammals).

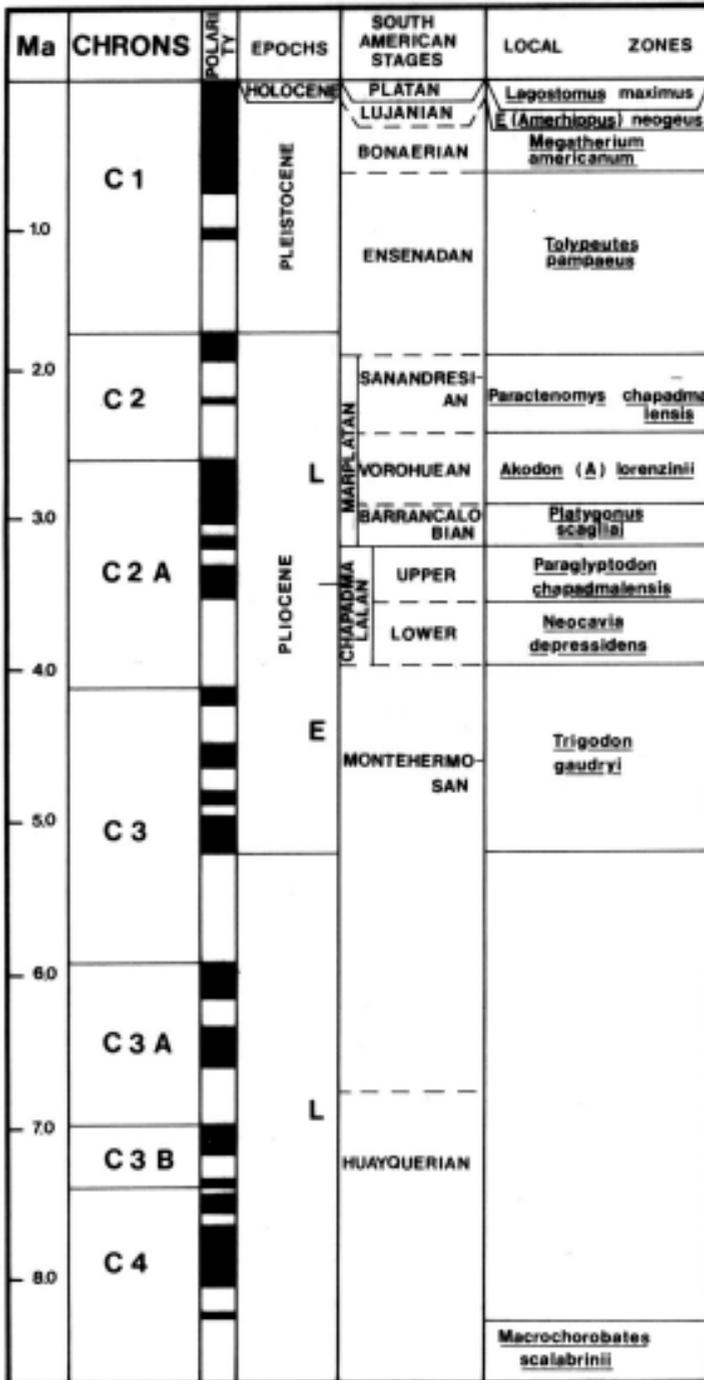


FIGURE 3a y b. South American chronostratigraphic late Cenozoic continental units (modified from Cione and Tonni, 1995, 1996; Tonni et al., 1998) in comparison with the magnetostratigraphic scale (Cande and Kent, 1995) and the Global Stratigraphic Chart.

The marine vertebrate record

Chondrichthyans

(Alberto Luis Cione)

The marine elasmobranch fauna found in the Paraná Formation is composed by the odontaspimid *Carcharias acutissima* (abundant), the carcharhinids *Carcharhinus* spp. (abundant) and *Galeocerdo aduncus*, the heterodontid *Heterodontus*, the squatinid *Squatina*, the lamnid *Isurus hastalis*, the "otodontid" *Carcharodes megalodon*, the hemigaleid *Hemipristis serra*, the squalid *Squalus*, and batoids Dasyatidae and Myliobatoidei (D'Alessandri, 1896; Woodward, 1900; Priem, 1911; Frenguelli, 1920a, 1922; Cione, 1978, 1988; Arratia and Cione, 1996; Figure 4). The ichthyofauna has not been recently studied, but until now, there are no living species identified. Several of these species also occur (surely reworked in part) in the "Conglomerado osífero."

"Osteichthyans"

(Alberto Luis Cione, María de las Mercedes Azpelicueta and Jorge Casciotta)

Some marine fishes were described from indeterminate beds near Paraná. The sparid *Chrysophrys* sp., Sparidae? indet., and the labrid *Protautoga longidens* Alessandri, 1896 were mentioned (Alessandri, 1896). The material was lost in the First World War in Torino, Italy. However, from the illustrations it can be observed that the presence of Sparidae and Labridae is not supported. The material identified as Sparidae? indet. (Alessandri, 1896) is quite similar to a lower pharyngeal plate of the sciaenid *Pogonias cromis*. We have found sciaenid remains both in the Paraná Formation and the "Conglomerado osífero" (Cione and Torno, 1984; Figure 5).

Cetaceans

(Mario Alberto Cozzuol)

The family Pontoporiidae, represented here by *Pontistes rectifrons* Bravard, 1858, and an indeterminate smaller species (Cozzuol, 1985, 1993, 1996) was a group diverse and widely distributed in the Americas both in the Atlantic and Pacific during the Cenozoic. Presently, only one species, *Pontoporia blainvillei*, which is an inhabitant of the Argentinian biogeographic Province in the Atlantic coast of South America, is extant (Ridgway and Harrison, 1989).

Physeterid and balaenid remains are not determinable at lower taxonomic levels, but are similar to that of the recent species (Cozzuol, 1993, 1996).

Balaenoteridae are known by quite complete but undescribed cranial material, tentatively referred to the genus *Balaenoptera* (Cozzuol, 1993; 1996)

Sirenians

(Mario Alberto Cozzuol)

A tooth formerly assigned to the genus *Metaxyterium* (see Reinhart, 1976; Cozzuol, 1993) is presently considered as pertaining, with doubts, to genus *Dioplotherium* (see Cozzuol, 1996). Remains of pachiostotic ribs are also relatively common in the collections. These bones are characteristic of the sirenians, specially of the paraphyletic family Dugongidae.

Aquatic carnivores

(Mario Alberto Cozzuol)

The phocid *Properiptychus argentinus* is one of the two fossil pinnipeds known from Argentina.

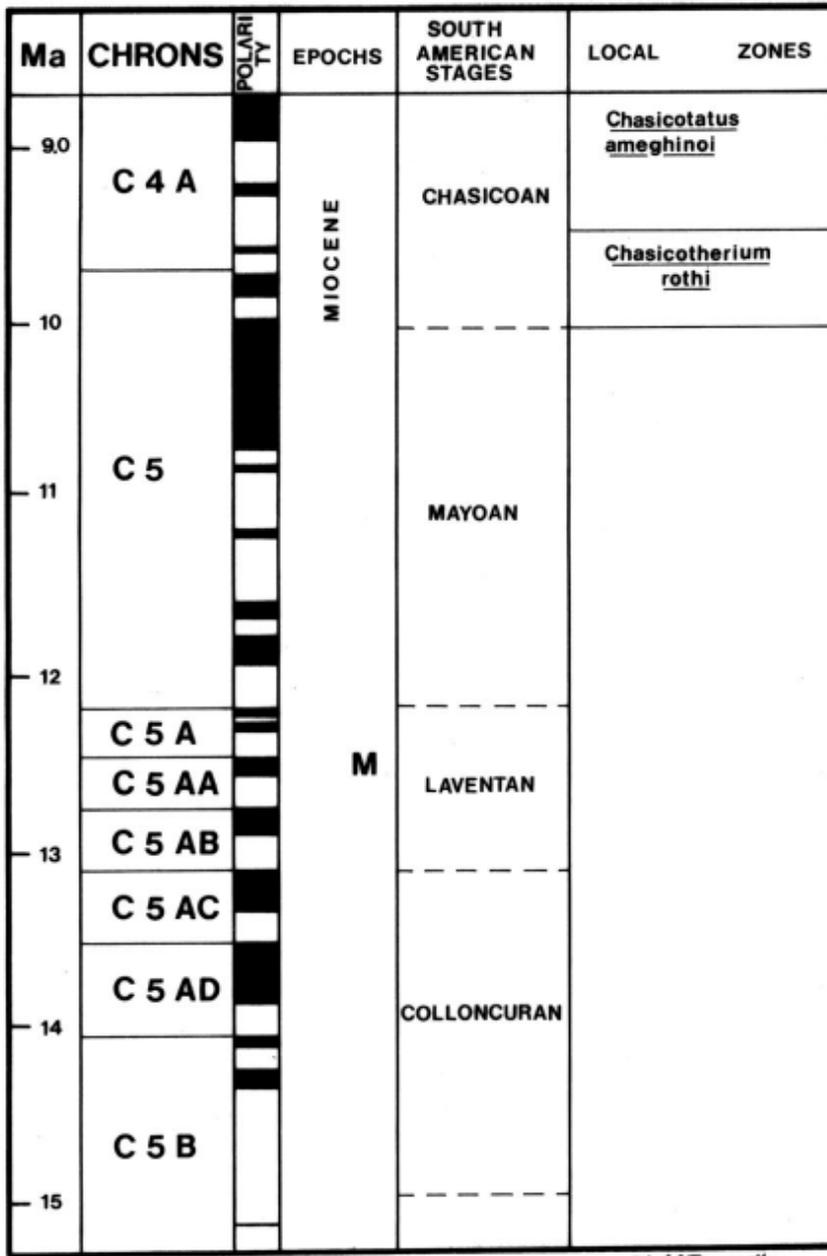


FIGURE 3b

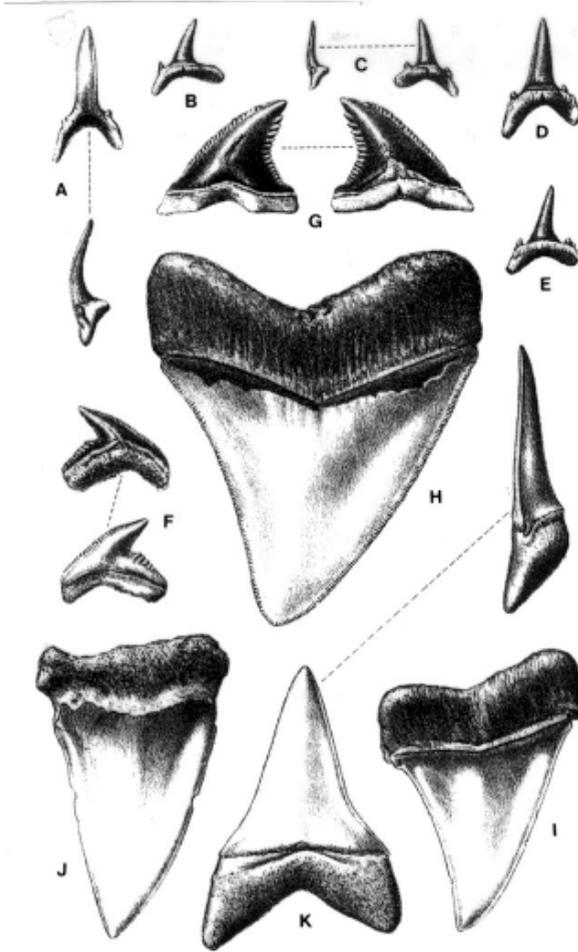


FIGURE 4. Neoselachians from the Paraná Formation. A-E, *Carcharias acutissima*; F, *Galeocerdo aduncus*; G, *Hemipristis serra*; H, *Carcharodes megalodon*; I-K, *Isurus hastalis*. Modified from Woodward (1900). All the material at natural size excepting H that is 2/3.

It was assigned to the paraphyletic subfamily «Monachinae» (see Muizon and Bond, 1982) and it was considered as primitive for the family, perhaps related to the paraphyletic genus *Monachus* (monk seals).

The continental vertebrate record

Chondrichthyans

(Alberto Luis Cione)

The genus *Potamotrygon* of the freshwater family Potamotrygonidae was mentioned by

Ameghino (1898), without figuration or description. Recently, Deynat and Brito (1994) assigned the large dermal scutes described by Larrazet (1886) from Paraná to the family Potamotrygonidae. Dermal scutes are found both in the marine Paraná Formation and the “Conglomerado osífero.” Part of the material probably correspond to other families.

«Osteichthyans»

(Alberto Luis Cione, María de las Mercedes Azpelicueta and Jorge Casciotta)

Numerous specimens of catfishes and characiforms, taxa that include the most conspicuous Neotropical freshwater fishes were found in the Ituzaingó Formation (and also in the Paraná Formation; Figure 5). Fishes from the Paraná area have been known since last century (Bravard, 1858). However, they have not been adequately studied yet (Ameghino, 1898; Woodward, 1900; Priem, 1911; see Cione, 1978, 1986; Arratia and Cione, 1996).

The catfish *Silurus agassizi* Bravard, 1858 was not described nor figured and must be considered *nomen nudum* (Cione, 1986). The assignation of a catfish skull to *S. agassizi* by Frenguelli (1920a) is obviously invalid. Catfishes of different families are present in the material from the “Conglomerado osífero” (ALC, personal observation). Some characiforms such as the serrasalmid *Collossoma macropomus* occur in the Ituzaingó Formation (Cione, 1986; Figure 5). This species has been also identified in La Venta Group (Middle Miocene of Colombia; Lundberg et al., 1986, 1988). The records from the Ituzaingó Formation and La Venta Group corroborate the

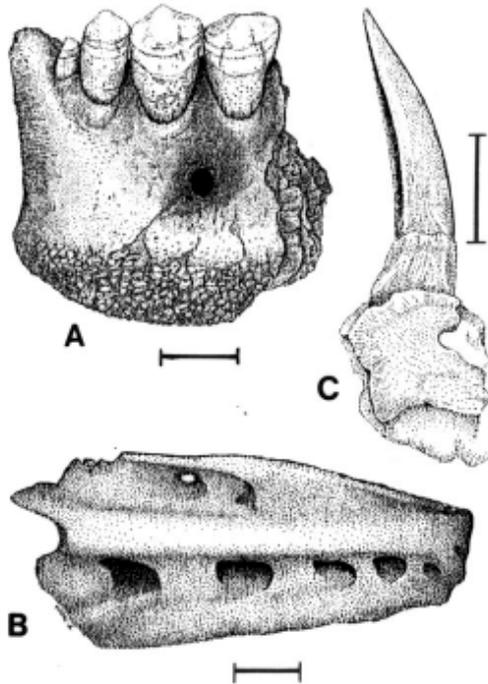


FIGURE 5. Teleosteans from the Ituzaingó Formation. A, *Collossoma macropomum*, right dentary, anterior view. B, Cynodontidae indet., tooth, lateral view (modified from Cione and Casciotta, 1997). C, cf. Sciaenidae, right dentary, labial view. The lines are 1 cm.

biogeographic relationship based on by other faunal elements (eg. crocodylians, trichechids, cetaceans).

Canine teeth of the characiform family Cynodontidae, similar to genera *Hydrolicus*, *Cynodon* and *Raphiodon*, were described from the “Conglomerado Osífero” (Cione and Casciotta, 1997; Figure 5). However, the size and position of serrae on cuttig edges is different from that recorded in species of these extant genera. One large tooth probably corresponds to a specimen of more than 1000 mm SL.

A tooth identified as pertaining to the ginglymodi *Lepisosteus* (Alessandri, 1896) is assignable to an indeterminate Crocodylia (Cione, 1986).

“Reptilians”

(Zulma Gasparini and Marcelo de la Fuente)

The first references of fossil crocodiles, turtles and ophidians of Argentina, are those of Bravard (1858). Further papers, describing fragmentary material from the “Conglomerado osífero,” supported the determination of numerous species of chelids, testudinids, alligatorids, gavialids, and teiids (Burmeister, 1885; Ambrosetti, 1890, 1893; Wieland, 1923; Rusconi, 1933, 1934, 1935; Mones, 1986). However, this high diversity was reduced by more recent studies (Báez and Gasparini, 1977; Donadio, 1983; Gasparini et al., 1986, de la Fuente, 1988, 1992; Broin and de la Fuente, 1993; Albino, 1996; Gasparini, 1996; Langston and Gasparini, 1997).

A single chelid (*Phrynops* cf. *Phrynops geoffroanus* complex) (see Rhodin and Mittermeier, 1983; Figure 6), one indeterminate testudinid, three species of alligatorids (*Caiman jacare*, *C. latirostris* and probably *C. australis*; Figure 6), one nettosuchid (*Mourasuchus nativus*), one gavialid (*Gryposuchus neogaeus*; Figure 6), and one teiid (*Tupinambis* cf. *T. meriana*) are presently accepted.

The diversity of crocodiles in the area of Paraná may be compared to that recorded currently in the basins of the large northern South American rivers, such as Paraguaí and Solimões rivers in Brazil and Madre de Dios river in Perú (Medem, 1983). However, it is richer at the familial level, as there are gavialids (currently limited to southeastern Asia) and netosuchids (extinct). Likewise, *Caiman jacare* and *Caiman latirostris* were recorded in “Conglomerado osífero;” both species inhabiting nowadays the Mesopotamian margin of the Paraná river basin.

Chelonian diversity is lower at the familial and generic level than that of other coeval South American sites. For example, podocnemidids are not represented in the Ituzaingó Formation; among chelids, no species referable to *Chelus* has been recorded, and the diversity of testudinines is much lower (cf Lapparent de Broin et al., 1993, and literature therein; Wood, 1976, 1997; Wood and Díaz de Gamero, 1971). Concerning chelid turtles, the greatest generic and even specific affinities is found to chelids of the Kiyú Formation, Department of San José, Uruguay (cf Perea et al., 1996; their Figure 2).

Birds

(Jorge Noriega)

The bird record from the «Conglomerado osífero» comprises eight species of six orders: Pelecaniformes, Charadriiformes, Anseriformes, Ciconiiformes, Rheiformes and Gruiformes.

The Pelecaniformes are represented by the largest known darter (*Macranhinga paranensis*, Anhingidae; Figure 6). This species showed mechanisms of aquatic and aerial locomotion similar to those of the recent putative sister group of the Anhingidae, i.e. the family Phalacrocoracidae (Noriega, in press).

Another indeterminate darter seems to have been a flightless species, with a size similar to

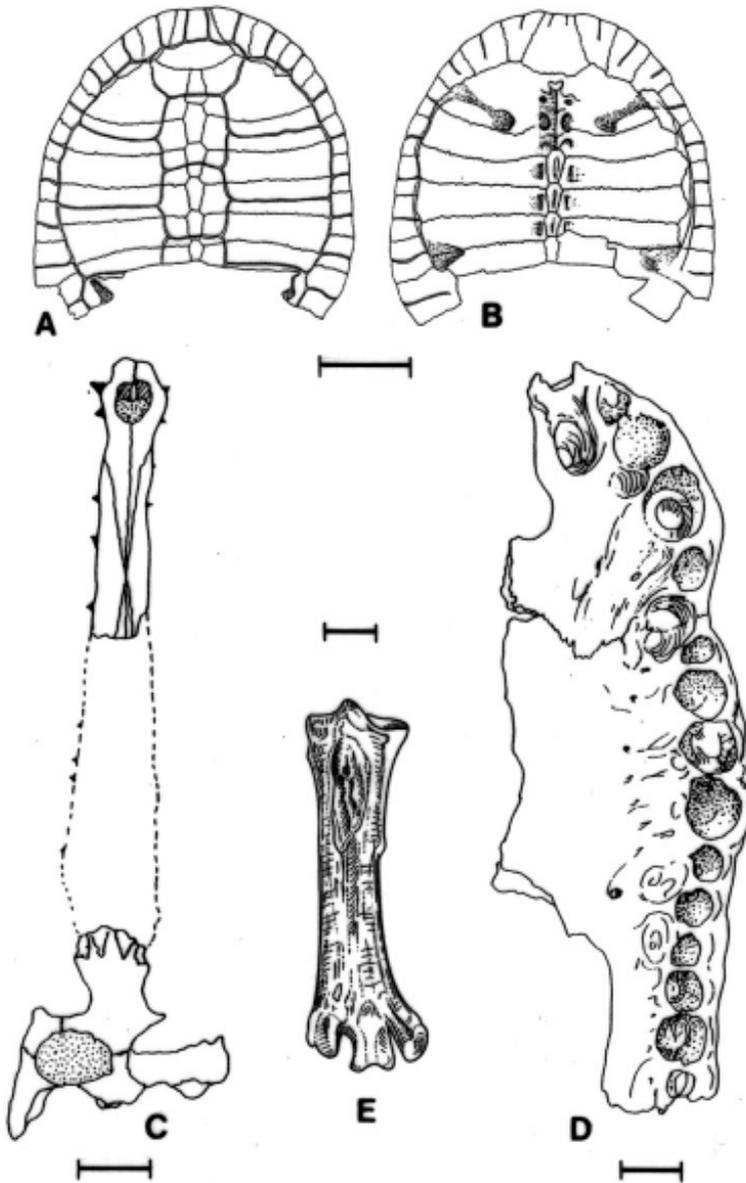


FIGURE 6. “Reptiles” and bird from the Ituzaingó Formation. *Phrynops* cf. *P. goffroyanus*, caparace: A, dorsal view; B, visceral view (modified from Wieland, 1923); the line is 10 cm. C, *Gryphosuchus neogaeus*, skull, dorsal view (modified from Gasparini, 1968); the line is 10 cm. D, *Caiman latirostris*, skull, ventral view (modified from Gasparini, 1968); the line is 2 cm. E, *Macranhinga paranensis*, tarsometatarsus, anterior view (modified from Noriega, 1992); the line is 1 cm.

the recent species *Anhinga anhinga* (Noriega, 1994, 1995).

The Charadriiformes record include an indeterminate species of genus *Megapaloelodus* from the extinct flamingo family Palaeolidae and an indeterminate Phoenicopteridae (Noriega, 1995).

The only fossil South American representant of the subfamily Dentrecheninae (Anseriformes, Anatidae) occurs in the «Conglomerado osifero.» This subfamily is more related to the Dendrocygninae (whistling ducks) and Anserinae (geese and swans) than to the real ducks (Anatinae; Noriega, 1995).

The ciconiiform Mycteriini storks are only known in the Tertiary of South America in the «Conglomerado osifero» (Noriega, 1994, 1995).

Cursorial birds are represented by indeterminate reiform Rheidae, gruiform Rallidae and Phororhacidae (Noriega, 1995). This last family includes the large phororhacine *Onactornis?* and the medium sized palaeociconine *Andalgalornis*. Phororhacid taxa from the «Conglomerado osifero» must be revised (Noriega, 2000).

Marsupials

(Francisco Goin)

Three carnivorous marsupials (Sparassodonta), and three “opossum-like” marsupials (Didelphimorphia) are known from the “Conglomerado osifero:” *Notictis ortizi* Ameghino 1889 (Sparassodonta, Hathliacynidae) is a very small hathliacynid solely represented by a partially preserved dentary. *Stylocynus paranensis* Mercerat 1917 (Sparassodonta, Borhyaenidae, Prothylacyninae) is one of the largest known prothylacynine marsupials. Its mandibular and dental specializations suggest a predominantly omnivorous diet (Marshall, 1979). *Achlysictis lelongi* Ameghino 1891 (Sparassodonta, Thylacosmilidae), one of the most spectacular, large predaceous marsupials evolved in South America, is also present at Paraná deposits. Goin and Pascual (1987) proposed to keep the name *Thylacosmilus atrox* to this and all other late Miocene-Pliocene known thylacosmilids (but see Marshall et al., 1990). *Philander entrerrianus* Ameghino 1899 (Didelphimorphia, Didelphidae, Didelphinae) is probably a synonym of the Recent *Philander opossum*, and its stratigraphic provenance (“Conglomerado osifero”) should be regarded as highly dubious (Goin, 1997b; see below). *Chironectes* sp. (Didelphimorphia, Didelphidae, Didelphinae), also recorded from “Barrancas del Paraná, Mesopotamiense” (original label) is also a probable synonym of the Recent species *Chironectes minimus* (Reig, 1958; Reig et al., 1987; Marshall, 1987; but see Goin, 1991). It is another case of a possible Recent opossum mixed among “Mesopotamian” taxa. *Zygolestes paranensis* Ameghino 1898 (Didelphimorphia, Didelphidae, Marmosinae) is a curious, tiny marmosine opossum whose affinities were unclear until very recent times. On account of its peculiar features noted by Reig (1957) in his diagnosis of the species, Reig et al. (1985, 1987) regarded it as a Didelphoidea incertae sedis. Marshall (1987) and Marshall et al. (1990) recognized for it a new Tribe among the Didelphinae: Zygolestini. Goin (1991, 1995, 1997b) and Goin et al. (MS) argued in favour of its Marmosini affinities, especially with species of *Graulinanus*. A recently described new species of *Zygolestes*, from Huayquerian levels of Pampean area, suggests to Goin et al. (in preparation) that a Miocene age for *Zygolestes paranensis* is reasonable.

Xenarthrans (Figure 7)

(Gustavo J. Scillato Yané and Alfredo A. Carlini)

Except for a few prior findings of vertebrates that have only historical interest, the discovery

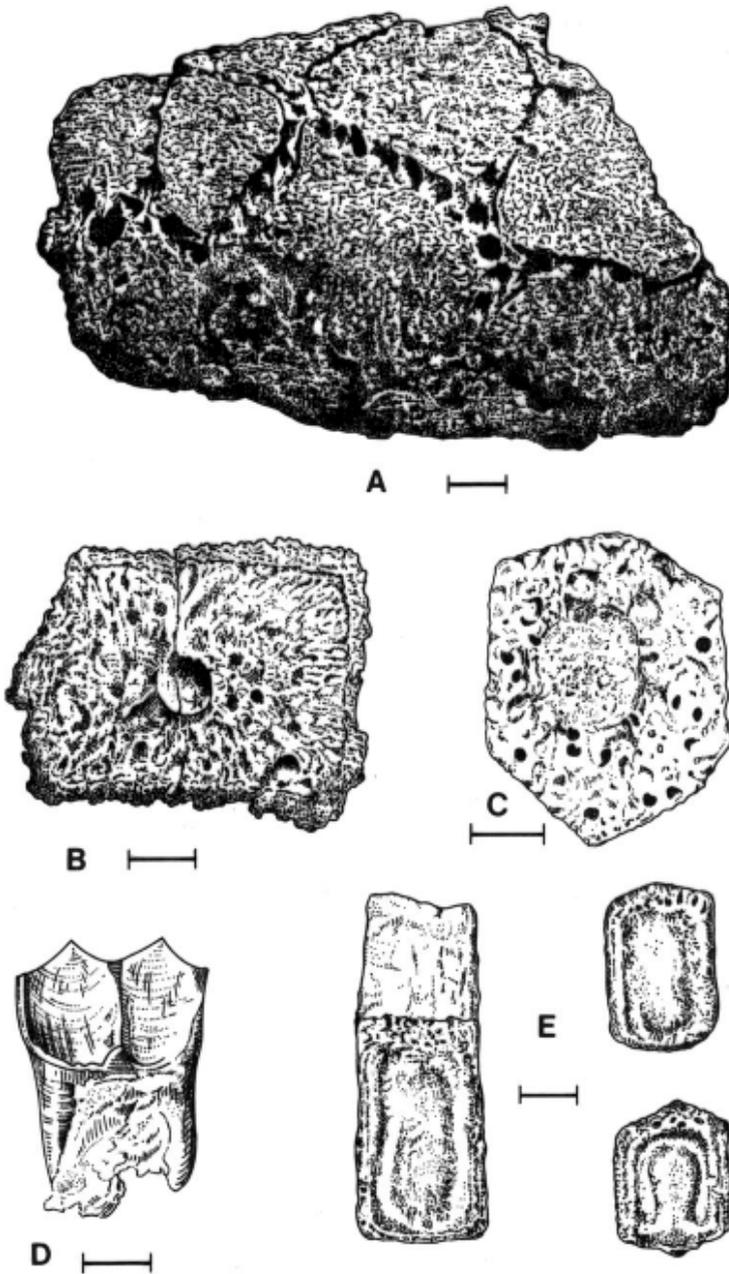


FIGURE 7. Xenarthans and litoptern from the Ituzaingó Formation. A, *Palaeohoplophorus scalabrini*, lateral view of causal tube. B, *Pseudoeurymus lelongianus*, dermal scute of the dorsal caparace. C, *Scalabrinitherium bravardi*, upper molar. D, *Palaeohoplophorus scalabrini*, dermal scute of the dorsal caparace. E, *Kraglievichia paranensis*, dermal scutes in dorsal view. (A-D, modified from Ameghino, 1889; E, modified from Edmund, 1987). The line is 1 cm.

and study of the xenarthrans from the Ituzaingó Formation began with the collections of Pedro Scalabrini. He sent the remains to F. Ameghino for study (see Ameghino 1883, 1883a, 1885, 1886 and 1889). Later, numerous xenarthrans, mainly tardigrades, were re-studied or recognized as new ones by L. Kraglievich (1922, 1923, *passim*) and Scillato-Yané (1975a, 1980, 1981, 1982; Pascual *et al.* 1990). Recently, in relation with new collections, different remains of tardigrades were described from the Ituzaingó Formation and systematic and biostratigraphic problems were addressed (Carlini *et al.* in press). Likewise, a complete list of the xenarthran species of the Argentine Cenozoic distributed according to stratigraphic units and geographic areas is given elsewhere (Scillato Yané and Carlini, in press). In these analyses, the xenarthran diversity from the Ituzaingó Formation (42 genera and 56 species, see Table 1) is found to be exceeded only by that of the Santa Cruz Formation (Santacrucian, early Miocene from Patagonia), and much greater than that of any other South American unit. However, the nature of the deposits and the fragmentary and dissociated remains have led to both an overestimation of the diversity (by recognizing species based on non-homologous remains), and an underestimation when the assignment of specific differences was impossible in view of the fragmentary materials.

Among the Cingulata, dasypodids are very scarce in the "Conglomerado osífero," all the cited species being known by a single specimen, except for *Proeuphractus limpidus*. This is particularly outstanding, especially in comparison with the abundant record in the coeval sites of northwestern Argentina.

The record of *Zaedyx* is dubious in view of the poor material. Besides, the occurrence of this taxon disagrees with the remaining taxa, because it is typical from relatively cold and xeric regions.

Pamphateres were hitherto represented by a single but quite frequent species, *Kraglievichia paranense*. Recently, a new species of genus *Scirrotherium* was identified in the "Conglomerado osífero" and will be described in a future paper. The genus *Scirrotherium* occurs for the first time outside the middle Miocene of La Venta (Colombia).

Glyptodontids are very diversified in the Ituzaingó Formation (12 genera and 12 species). The tribe Palaehoplophorini is highly dominant in taxic composition which is in contrast with the "Araucanian" of northwestern Argentina, where they are absent, and the very scarce record in the Miocene-Pliocene of the Pampean region. The occurrence of *Berthawylexia* (Miocene-Pliocene from Uruguay and Pliocene of the Pampean region) is the first for the Ituzaingó Formation. "*Hoplophorus*" *verus* does not belong in this Pleistocenic genus, but perhaps in *Hoplophractus* Cabrera or *Eosclerocalyptus* C. Ameghino. The available material of *Trachycalyptus? angulatus* is not enough to determine whether it is assignable to this genus or to *Comaphoropus*.

The largest glyptodont of the Ituzaingó Formation is the neuryurini *Urotherium interundatum*, with a size similar to *Neuryurus rudis* (Pleistocene of the Pampean region). The doedicurine *Comaphorus concisus* is similar to *Urotherium interundatum* in the scute surface and the profile of the elevated central figure. Unfortunately, the material is not enough as to accurately establish the variability of the different carapace regions. However, carapace similarities clearly suggest a close relationship between Sclerocalyptinae Neuryurini and Doedicurinae (see also Ameghino 1889:840 ss.). *Pseudoeuryurus alongianus* also has a similar scute morphology to *C. concisus* and *U. interundatum*.

The diversity of the tardigrades from the Ituzaingó Formation is higher than that of any other unit of the late Miocene-Pliocene of Argentina. The 23 genera and 37 species recognized are distributed among the families Megatheriidae (Megatheriinae and Nothrotheriinae), Megalonychidae (Orthotheriinae, Megalocninae and Megalonychinae) and Mylodontidae (Mylodontinae, Octomylodontinae and Scelidotheriinae). These families include few small species

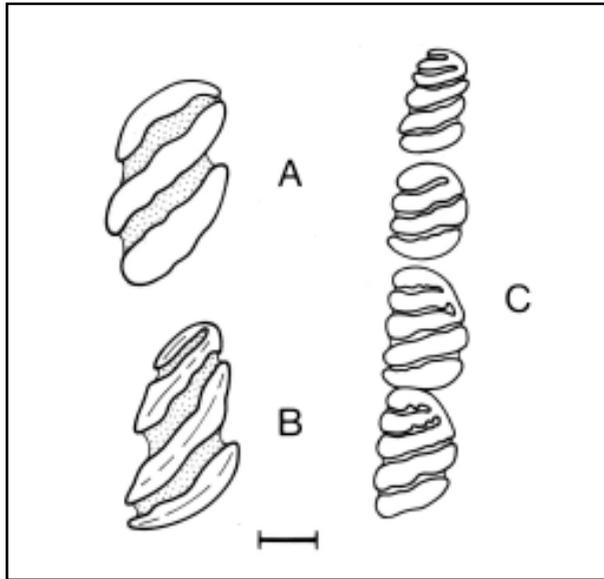


FIGURE 8. Rodents from the Ituzaingó Formation. A, *Phoberomys* sp., lower right molar, occlusal view. B, *Phoberomys*, lower right premolar, occlusal view. C, *Eumegamys paranensis*, lower right molariform series. Modified from Kraglievich, 1932. The line is 1 cm.

but those middle and large sized are better represented.

Megatheriinae genera already cited in the Ituzaingó Formation are: 1- *Eomegatherium* (also in the Mayoan and in the upper Miocene of San Gregorio cliffs, Uruguay); 2- *Promegatherium* (probably also in the basal beds of the Huayquerías Formation, late Miocene of Mendoza; and 3- *Pliomegatherium*, the only exclusive to the “Conglomerado osífero.” These genera are represented by a smaller species with more primitive characters than those coeval from northwestern Argentina, the Huayquerías of Mendoza and northern Patagonia.

A right humerus, the measures of which reach those of *Megatherium americanum* is quite larger than the remaining megatherines and different in morphology to the other genera from the Ituzaingó Formation. However, when compared with remains of *Pyramiodontherium* from Catamarca (“Araucanian”), it seems to coincide in the diaphysis section and the progression of its proximal diameter. Consequently, we consider this fossil as pertaining to that genus (perhaps a new species; Carlini *et al.*, in preparation). *Pyramiodontherium*, with a single species (*P. bergi*) has been hitherto recognized exclusively in the “Araucanian” of Catamarca and Tucumán.

The nothrotherine are represented by *Neohapalops*, an endemite, and *Pronothrotherium*, which is also known in the Miocene-Pliocene of the Uruguay and northwestern Argentina and the Pliocene of Mendoza and the Pampean region.

The diversity of Megalonychidae from the Ituzaingó Formation is higher than that of any other South American unit and only can be compared with that of the Pleistocene of West Indies. The “Orthrotheriinae” (which probably is not a natural group, Carlini and Scillato-Yané,

in preparation) are the most abundant, represented by the genera *Pliomorphus*, *Menilaus?*, *Torellia*, *Paranabradys* and *Orthotherium*. The five nominated species of *Orthotherium* must be revised. Among megalonychids there are genera related to North American forms (*Protomegalonyx*, Megalonychinae) and to West Indies megalocnines (*Amphiocnus*, see Pascual et al. 1990 and probably *Pliomorphus*, in study). *Megalonychops* is the largest known Megalonychidae in the Ituzaingó Formation, comparable in size to *Megatherium*. Remains of *Megalonychops*, which also occurs in the Miocene-Pliocene of Uruguay and the Pleistocene of the Pampean region, are scarce in the “Conglomerado osífero” and need to be restudied. *Diodomus copei* is probably a Megalonychidae but the scarce remains should be revised.

Remains of mylodontid subfamilies are quite irregular in diversity and frequency. Mylodontinae reach higher generic and specific diversity and abundance in the “Conglomerado osífero” than in any other Tertiary stratigraphic unit. They are abundant in the Miocene-Pliocene of northwestern Argentina but very scarce in coeval localities of the Pampean region.

The peculiar Octomyodontinae (see Scillato-Yané, 1977a) are only known in the “Conglomerado osífero” and the Vivero Member of the Arroyo Chasicó Formation in the Pampean region (represented by *Octomyodon robertoscagliai*).

The Scelidotheriinae are very scarce. We have seen molariforms of a rather large scelidotherine coming from the Ituzaingó Formation.

“Native ungulates” (Figure 7)

(Mariano Bond)

After the first descriptions by D'Orbigny (1842) and Bravard (1858), the systematic description of ungulates from Paraná begun in the decade of 1880 (Burmeister, 1885-1891 and especially Ameghino, 1883a,b, 1885, 1886, 1887, 1889, 1891, 1904a, b, 1906; Frenguelli, 1920b; Kraglievich, 1931, 1934). Pascual and Odreman (1971) apported a list and some comments. The study of protherotheriids by Bianchini and Bianchini (1971) is the only recent revision of native ungulates from the Ituzaingó Formation.

In the «Conglomerado osífero», the two orders that survived Chasicóan times are present: Litopterna (Macraucheniiidae and Protherotheriidae) and Notoungulata.

Macraucheniiids are represented by the subfamily Macraucheniinae, which is recorded since the Chasicóan (late Miocene). All macraucheniiids recorded seem to be more generalized than *Promacrauchenia* (Montehermosan and Chapadmalalan) and more related to taxa from the Chasicóan and Huyquerian (Bond and López, 1996). The Protherotheriidae Protherotheriinae correspond to more generalized taxa than those from the Montehermosan while there persist some «Pansantacrucean» species. Comparing with other faunas from the late Miocene and Pliocene beds of Argentina, Bolivia and Uruguay, Litopterna are extremely abundant (as numerous as Notoungulata) in the «Conglomerado osífero.»

Notoungulata present differences in diversity and systematic composition in relation to other faunas of late Miocene and Pliocene units of Argentina, Bolivia and Uruguay. There are no «rodentiform» Tipotheriidae, Hegetotheriidae Hegetotheriinae and Pachyrhinae, nor Mesotheriidae Mesotheriinae while Hegetotheriidae, especially Pachyrhinae, and Mesotheriidae are extremely frequent in the other localities.

The record of Mesotheriidae (Ameghino, 1906) and Pachyrhinae (Pascual and Odreman Rivas, 1971) from the «Conglomerado osífero» seems to have been based on an erroneous identification (Kraglievich, 1931; Bond and López, 1998). However, in the «Conglomerado osífero» the last probable representants of the Intertheriidae Intertheriinae occur. *Protypotherium antiquum* is also the largest species of Intertheriinae, subfamily which is very frequent in the

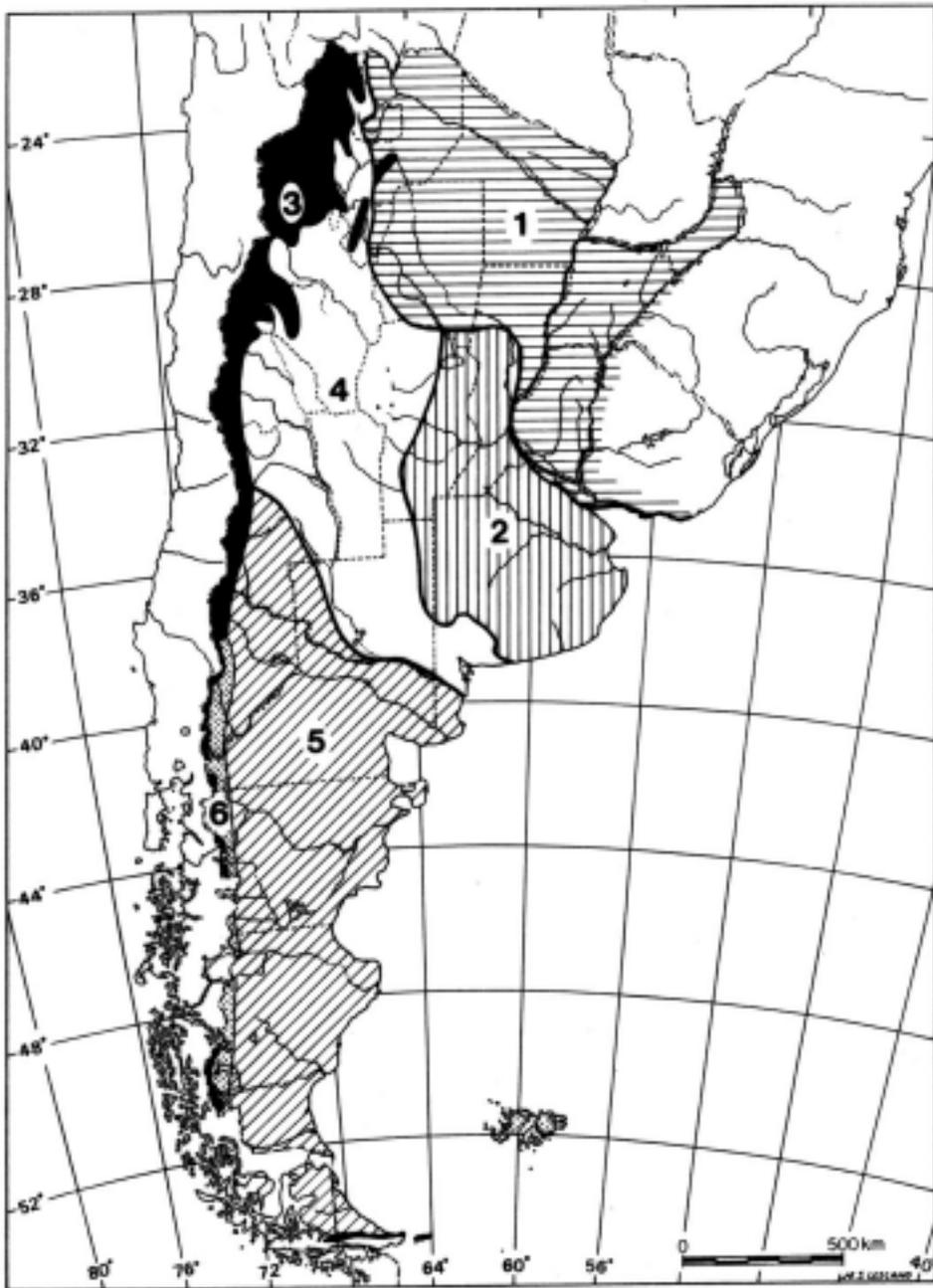


FIGURE 9. Zoogeographic pattern of Argentina (modified from Ringelet, 1961). 1, Subtropical Dominion. 2, Pampean Dominion. 3, Andean Dominion. 4, Central or Subandean Dominion. 5, Austro-Cordilleran Dominion.

Santacrucian and Colloncuran of Patagonia. The Interatheriinae occurs in Chasicuan beds for the last time in the Pampas. Some probable Interatheriinae remains are assignable to the genus *Munizia*, an endemic and larger genus.

Toxodontids are the more abundant and diverse Notoungulata in the «Conglomerado osífero.» Different groups with euhypsodont molariforms recognized from the Colloncuran, Mayoan and Chasicuan are present. The Xotodontinae and Toxodontinae include medium and large sized taxa and the Haplodontheriinae and Dinotoxodontinae with large to gigantic sized taxa. The supposed occurrence of Nesodontinae (Ameghino, 1891, 1906) is probably based on remains of a more advanced toxodontid known from the Huayquerian of Uruguay (?*Berroia*, Kraglievich, 1934). Xotodontinae have the last certain record in the Montehermosan and probably in the Chapadmalalan. Haplodontheriinae, large to gigantic toxodontids, include several taxa with a remarkable frontal bony protuberance which would indicate the occurrence of a «horn.» This family of «rhinocerotid» notoungulates is recorded for the last time in the Montehermosan. Dinotoxodontinae, a group not clearly defined of large toxodontids characterized by a notable lower projection of the mandibular symphysis, seems to have been abundant in the Pampean area during the Chasicuan and Huayquerian, and presents several forms in the «Conglomerado osífero.» The abundance of toxodontids appears to agree with the traditional attribution of semiaquatic habits, or at least relation with wet environments, of these notoungulates.

The toxodonts from the «Conglomerado osífero» have been described mainly on the basis of isolated teeth. However, they have been used for recognizing some subgroups inside the Family Toxodontidae (eg *Haplodontherium* and the Haplodontheriinae). Besides, it is evident that there is similitude between many taxa from the Ituzaingó Formation and those of the Miocene-Pliocene from Argentina, Bolivia and especially Uruguay and Acre in Brazil. For this, only a thorough revision of the taxa described for the Ituzaingó Formation will shed light not only on the systematic but on the relationships of these taxa with those from the other coeval units.

Rodents (Figure 8)

(María Guiomar Vucetich and Diego Verzi)

Hystricognathi rodents are represented by families Echimyidae, Myocastoridae, Caviidae, Hydrochoeridae, Dinomyidae, Neopiblemidae, Chichillidae, Abrocomidae and Erethizontidae. Probably there is no other so diverse (at familial level) rodent fauna in the Cenozoic of South America. Octodontidae is the only southern South American family that is not present. This familial diversity would indicate the influence of different biogeographic domains. For example, the presence of abrocomids and chinchillids suggests a connection with central and western Argentina while that of neopiblemids indicate a clear connection with the Miocene beds of the Brazilian Acre region.

The rodent fauna of the «Conglomerado osífero» is also very rich at the generic level, including more than 40 genera. The richest families are Dinomyidae (16), Hydrochoeridae (9), and Caviidae (6). The remaining families are represented by one to three genera (Table 3). Rodents from the «Conglomerado osífero» have not been revised exhaustively after the original descriptions. However, a preliminar revision of type and calotypes indicates that some species are based on jaw fragments, or juveniles, and even on one isolated molariform. For this, it is probable that the number of species and genera could be overestimated.

Families Dinomyidae, Hydrochoeridae and Caviidae show their highest diversity in the «Conglomerado osífero», with several genera, some of which are endemites.

Recently, with the revision of the calotype of *Paradoxomys cancrivorus*, a former enigmatic

taxon, it was demonstrated that it represents the first Erethizontidae for the “Conglomerado osifero.” *Paradoxomys carivorus* seems to be related to the radiation of recent taxa more than to the Patagonian radiation (Vucetich and Candela, in preparation).

The presence of *Protabrocoma*, related to the genus *Abrocoma* is remarkable because this latter is restricted to the arid Andean region. The most plausible hypothesis is that *Protabrocoma paranensis* had environmental constraints different to the living species of *Abrocoma*. In this sense, it is remarkable the record of a recent unusual abrocomid, showing climbing capabilities, from the forested areas in the northern Vilcabamba cordillera (Bolivia; *Cuscomys*, Emmons, 1999).

Echimyids are represented by endemic taxa of the Eumysopinae. These taxa would represent different lineages to the Eumysopinae of the Late Miocene of central and western Argentina (Verzi et al., 1995; Vucetich and Verzi, 1995) and the Pliocene and Pleistocene of the Pampean area (Vucetich and Verzi, 1996; Vucetich et al., 1997).

A characteristic of the “Conglomerado osifero” (and coeval localities) is the presence of the largest representants of the order Rodentia (Neopiblemidae, Hydrochoeridae and Dinomyidae).

Terrestrial carnivores

(Leopoldo Soibelzon)

The first procyonid carnivore recognized in Argentina is the procyonine *Cyonasua argentina* (see Ameghino 1885, 1886) from the “Conglomerado osifero.” Procyonid are medium-sized, good swimmers omnivores that mainly inhabit forested environments (Bond, 1986). Their habits probably facilitated the early entrance of these carnivores as “waif immigrants” from North America during the Huayquerian (late Miocene; (Pascual et al., 1985).

Cetaceans

(Mario Alberto Cozzuol)

At least three species of the Family Iniidae and a Pontoporidae were described from the «Conglomerado osifero.» *Ischyrorhynchus vanbenedeni* Ameghino, 1891 is the best known cetacean from the Paraná area (Cozzuol, 1993, 1996). It presents morphological adaptations for a turbid fluvial environment (Pilleri and Gühr, 1979).

Saurocetes argentinus Burmeister, 1871, also a relatively abundant species, is known by partial skulls and mandibles (Cozzuol, 1985).

Both species were also recorded in the Miocene beds of Acre and Uruguay (Boquentin et al., 1989; Rancy et al., 1989; Perea and Verde, 1982; personal observation, MAC).

Other species of *Saurocetes*, *S. gigas* (Cozzuol, 1989) is remarkable for its unusual size for a freshwater cetacean (about 4.5-5 m).

Sirenians

(Mario Alberto Cozzuol)

The occurrence of a Trichechidae (*Ribodon limbatus* Ameghino, 1883) at this latitude is important from a biogeographic and climatic perspective. But *R. limbatus* is also remarkable because this species shows a type of tooth change which is considered advanced in comparison with primitive trichechids, such as *Potamosiren* (from Laventan beds of Colombia) and considered a synapomorphy shared with the recent *Trichechus* (Domning, 1982; Cozzuol, 1993, 1996).

R. limbatus was also recorded in the Acre region, at the Peruvian-Brazilian border (Frailey, 1986; Cozzuol, 1993; 1996). A maxilar of a sirenian from the coastal plain of South Carolina, USA, was referred as belonging to an unidentified species of *Ribodon* (Domning, 1982). The age

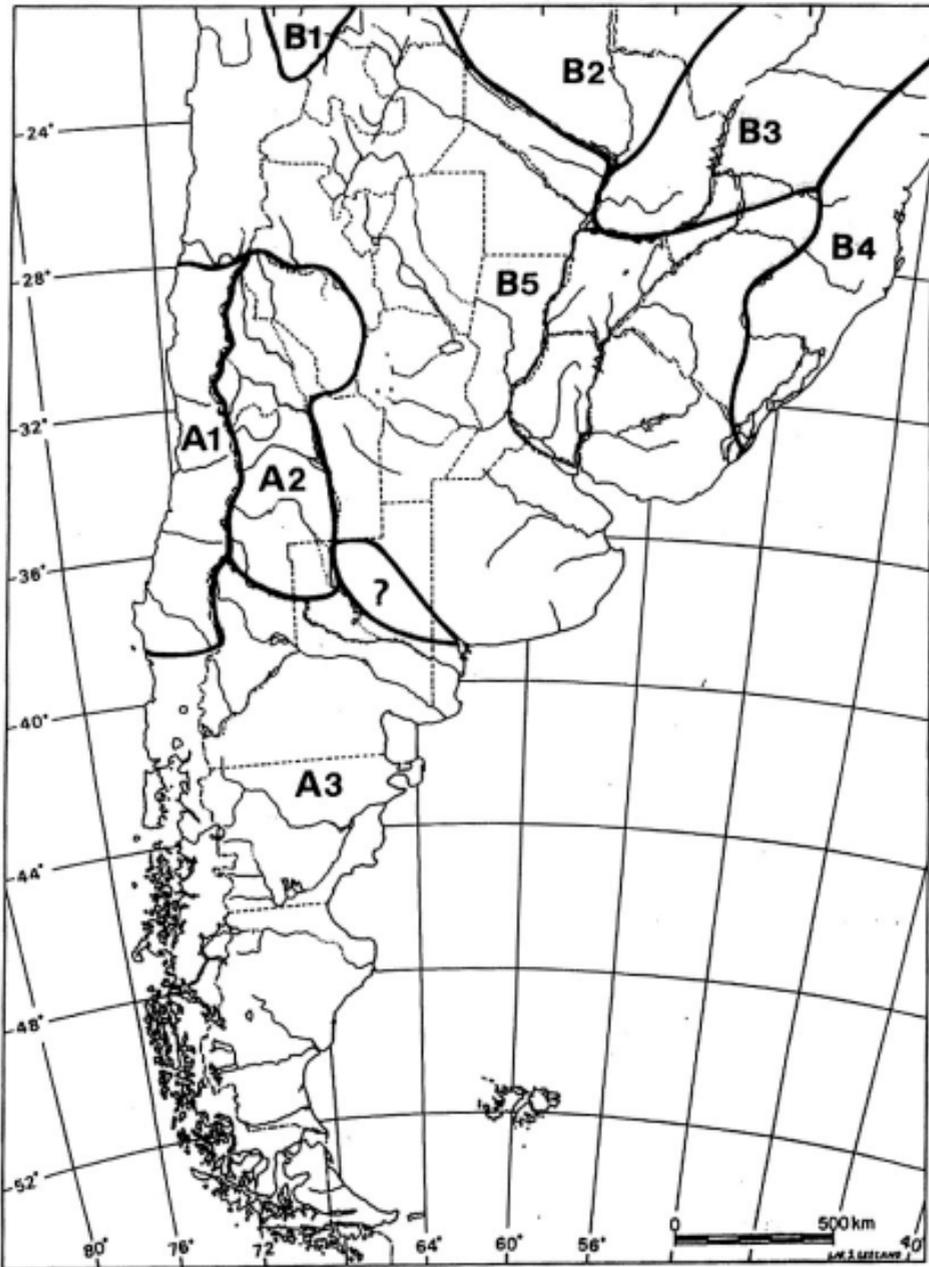


FIGURE 10. Ichthyogeographic «provinces» of southern South America according to Ringuélet (1975), modified by Arratia et al (1983). A1-A3: Austral Subregion. A1, Chilean Province; A2, Cuyan Province; A3, Patagonic Province. B1-B18: BRazilian Subregion; B1, Titicaca Province; A3 Patagonic Province. B1-B18: Brazilian Subregion; B1 Titicaca Province; B2-B4, Paranean Domain; B2, High Paraguay Province; B3, High Paraná Province; B4, Pano-Platan Province; B5, coastal river of South eastern Brazil Province..

of the fossil was mentioned as probably early Pliocene. Taking into account those data, it seems that *Ribodon* had a similar geographic range than the living *Trichechus*, except by the African coast.

Stratigraphic correlation

Marine

Sharks are suggestive of Middle Miocene to Pliocene age but cetaceans suggest, more accurately, a Late Miocene age for the top of the Paraná Formation. The occurrence of Balaenidae and Physeteridae similar to modern taxa, of Balaenopteridae (unknown in beds older than late Miocene), and the lack of common taxa with the early Miocene Gaiman Formation (Cione and Cozzuol, in preparation) and the Middle Miocene Puerto Madryn Formation (Cozzuol, 1993, 1996), suggests that the uppermost part of the Paraná Formation (at least in the outcrops in the bottom of the Arroyo Ensenada valley and Villa Urquiza) would be Tortonian in age. Besides, there are no outcrops with typically Chasicosan fauna (early Tortonian in age) overlying the Paraná Formation and underlying the «Conglomerado osífero» of the Ituzaingó Formation, where Huayquerian fauna occurs (see below). Certainly, both formations are separated by an important unconformity and an important lapse is perhaps not represented by sediments (and fossils).

Continental

The exact age of the Ituzaingó Formation has been largely discussed. Mammals from the Ituzaingó Formation are extremely diverse. At first sight, the coexistence of so many taxa would be suggestive of an artificial mixture, especially considering that the ecological requirements of many of them must have been very similar and the methodology of collection of former researchers. Some authors even proposed that the mammal material from the “Conglomerado osífero” could be redeposited from beds of different age: Chasicosan, Huayquerian, Montehermosan and even Santacrucian (Bianchini and Bianchini, 1971; Scillato-Yané 1977a, 1980, 1981; Marshall et al., 1983). Another important drawback is the accurate identification of taxa because most of the determinations are old and should be revised. Consequently, we believe that considerably field work and taxonomic studies should still be done in all Late Miocene units in southern South America.

However, we consider that:

1. The age of the “Conglomerado osífero” is constrained by that of the underlying Paraná Formation (Figure 2).
2. According to cetacean evidence, the top of the Paraná Formation seems to be early Tortonian in age.
3. There is an important unconformity between the Paraná and Ituzaingó Formations that could represent a relatively long lapse.
4. All the terrestrial vertebrate remains are disarticulated. However, this is usual in a fluvial deposit. The only articulated vertebrate recorded are some freshwater fishes very well preserved into nodules. Remarkably, many bones are unworn, especially taking into account the conglomeradic and sandy composition of the deposit. We regard unlikely that the material would come from other terrestrial units (which actually are unknown in the area; see also Cozzuol, 1993). Moreover, the fluvial basin developed onto the marine beds and there is no doubt that some (not necessarily all) marine vertebrates remains present in the “Conglomerado osífero” were reworked from the Paraná Formation. We did not find terrestrial

vertebrates in the Paraná Formation so far.

5. The major affinities of the “Conglomerado osífero” are with Chasicóan and Huayquerian faunas (Figure 3; Tables 1-3). Genera shared (figure in parenthesis: certain records plus doubtful records): Chasicóan, 11 (17?); Huayquerian, 28(32?). We discard the correlation with Santacrucian, Mayoan, Laventan and Montehermosan. The occurrence of a few taxa with Santacrucian, Mayoan and Laventan affinities is here considered as the persistence of ancient lineages (see above). There are several other cases in the Cenozoic of South America. Affinities with Montehermosan beds are reduced to the first occurrence in both unit of the species *Macroeuphractus retusus* (three scutes, see Scillato Yané, 1975b) and *Protohydrocoerus* (a molar, MGV, personal observation). Consequently, the discussion is reduced to the correlation with Chasicóan or Huayquerian beds.
6. The Chasicóan age was recognized on the basis of the stratigraphic and faunistic record of the Arroyo Chasicó Formation in southern Pampean region (for a comment see Bondesio *et al.*, 1980; Marshall *et al.*, 1983; Tonni *et al.*, 1998). The Loro Huasi Formation (Valle de Santa María, Catamarca, Galván and Ruiz Huidobro, 1965; «Chiquimil» or «Chiquimil Formation» of other authors, see Marshall and Patterson, 1981) is perhaps correlated to the type Chasicóan (Marshall *et al.*, 1983).
7. The Huayquerian age is mainly recognized on the basis of the stratigraphic and faunistic record of the Andalhuala Formation (Valle de Santa María, Catamarca, Galván and Ruiz Huidobro, 1965; «Araucanense» of Frenguelli, 1930; Riggs and Patterson, 1939 non «Araucanense» of Ameghino, 1906 and other authors, a much more embracing concept) and the Epecuén «Formation» and Cerro Azul Formation (Pampean area; Pascual *et al.*, 1965; for other Huayquerian localities, see Marshall *et al.*, 1983). The Andalhuala Formation is represented by the levels XV to XX of Chiquimil area and 14 to 18 of Corral Quemado area, both in Catamarca province (see Stahelcker's stratigraphic sections in Riggs and Patterson, 1939 and Marshall and Patterson, 1981). We proposed elsewhere that the levels 18 to 21 of Corral Quemado might not be Montehermosan but Chapadmalalan in age as well as several sections in Bolivia (Cione and Tonni, 1996).
8. For analyzing the first mammal occurrences in the Ituzaingó Formation and other sequences we preferred to use the fossil record of the Chasicóan type section, the Huayquerian Andalhuala Formation and the Huayquerian beds of the Pampean region. The Andalhuala Formation section should be the actual stratotype of the Huayquerian. The Arroyo Chasicó Formation is well sampled and is overlain by Huayquerian beds (Tonni *et al.*, 1998). The thick sequences in the Catamarca province were well sampled, were radiometrically and magnetostratigraphically analyzed, and include a possible Chasicóan section (Loro Huasi Formation), a Huayquerian section (Andalhuala Formation), and a probable Chapadmalalan section. The Epecuén and Cerro Azul Formations do not crop out in a stratigraphic sequence with older and younger units but are rich in mammal content.
9. For correlation we considered relevant the first occurrences and the shared occurrence of several mammal taxa mostly at supraspecific level due to the lack of a recent systematic revision in most the groups.
10. The «Conglomerado osífero» shares first mammal occurrences with (Tables 1-3): 1) the Andalhuala Formation: *Myocastoridae*, *Parahoplophorus*, *Pyramiodontherium*, *Pronothrotherium*, *Sphenotherus*, *Neuryurini* (*Urotherium*) and *Xotodon*. 2) Huayquerian localities in Buenos Aires and La Pampa provinces: *Cavidon*, *Protabrocoma*, *Plohophorus?*, *Tetrastylomys*, and *Zygolestes*. 3) Both the Andalhuala Formation and Huayquerian localities in Buenos Aires and La Pampa provinces: *Achlisictis*, *Macroeuphractus*, *Doedicurinae* (*Eleutherocercus*), *Kiyutherium*, *Paleocavia*,

Promacrauchenia?, Carnivora (*Cyonasua*), and *Achlysictis*. 4) The type Chasicoan: *Tetrastylus*, *Potamarchus*, *Carlesia*, *Diaphoromys*, *Gyriabrus*, *Lagostomopsis*, *Cardionmys*, *Parodymis?*, *Cardyatherium*, *Chasicotatus*, *Proeuphractus*, *Kraglievichia*, Octomyodontinae (*Octomyodon*), *Protomegalonyx*, *Brachytherium*, *Toxodontherium* (in Chiquimil), *Dinotoxodon*, *Protypotherium*, and *Cullinia?* Consequently, the «Conglomerado osifero» shares 18 (20?) first generic occurrences with Huayquerian localities and 16 (19?) with Chasicoan localities (figure in parenthesis: certain records plus doubtful records).

11. The «Conglomerado osifero» also shares with the type Chasicoan several taxa that are unknown in other levels (Tables 1-3): *Parodymis* (Vivero Member), *Octomyodon*, *Protomegalonyx*, *Protypotherium* (genus that is known from the Santacrucian) and *Cullinia?* However, *Protomegalonyx*, *Octomyodon* and *Protypotherium* correspond certainly or probably to different species (Scillato Yané, 1977a,b; MB, personal observation), *Parodymis* is based on one tooth and the identification of *Cullinia* in the «Conglomerado osifero» is uncertain (Vucetich and Bond, personal observations).
12. The «Conglomerado osifero» shares with the Andalhuala Formation and the Pampean Huayquerian localities several taxa that are unknown from older levels: *Parahoplophorus*, *Pyramiodontherium*, *Sphenotherus*, *Protabrocoma*, *Tetrastylomys* and *Kiyutherium*. Besides, the «Conglomerado osifero» shares with the Andalhuala Formation or the Pampean Huayquerian localities several species that are unknown from older levels: *Xotodon foricurvatus*, *Promacrauchenia antiqua*, and *Cyonasua argentina?*
13. We regard here the first records shared with the Chasicoan as lineages that originated during this time and perdurated in younger times. Quite the contrary, the numerous first records shared with Huayquerian localities establish a minimum age for the «Conglomerado osifero» (which is here considered older than the type Montehermosan with which shares two taxa; see above). We find particularly significant the first record in South America of the family of Holarctic origin Procyonidae, which is perhaps represented by the same species both in Catamarca and Entre Ríos (*Cyonasua argentina*, Marshall and Patterson, 1981). *Cyonasua* is the first immigrant from North America of the major biogeographic late Cenozoic event named "Great American Biotic Interchange." This event deeply transformed the South American mammal fauna: presently about 50% of species is Holarctic in origin. Besides, some other taxa of higher than genus level appear for the first time in the Huayquerian and the "Conglomerado osifero:" Myocastoridae, Abrocomidae, Neuryurini, Doedicurinae.
14. Consequently, the significative secondary mixture of Pansantacrucian, Araucanian and Panpampean taxa (see Reig, 1957; Pascual and Odreman Rivas, 1971; Marshall *et al.*, 1983) present in the «Conglomerado osifero» is not sustained. We regard that the «Conglomerado osifero» (and the fauna enclosed) does not represent a long lapse. With the present evidence, the «Conglomerado osifero» appears to be Huayquerian in age.
15. The base of Huayquerian is located at about 9 Ma (Flynn and Swisher, 1995). According to Flynn and Swisher (1995), the available radioisotopic dates and location of the boundary within the early part of Chron C3Ar, and using chron terminology and the time scale of Cande and Kent (1995) and Berggren *et al.* (1997), the best estimate for the Huayquerian/Montehermosan boundary is about 6.8 Ma, and certainly older than 6.5 Ma. Actually, this estimate is not for the boundary but to the youngest Huayquerian beds known. Beds overlying the Andalhuala Formation possibly are Chapadmalalan in age (see Cione and Tonni, 1996). Flynn and Swisher (1995) indicate that the Huayquerian to Montehermosan interval is relatively well sampled paleomagnetically in Bolivia and northwestern Argentina. However, the «Montehermosan» sections might be Chapadmalalan in age (Cione and Tonni, 1996).

16. The Huayquerian is so correlated with the Tortonian of the Geologic Time Scale (11.2 to 7.1 Ma; Gradstein and Ogg, 1996).
17. The «Conglomerado osífero» does not share *Proeuphractus* and *Vetelia* with the Chasicóan. These taxa occur in the Huayquerian beds at the Chasicó area that were considered as an early Huayquerian (*Macrochorobates scalabrinii* Biozone; Tonni et al., 1998). However, it is too premature to attribute a younger age than *Macrochorobates scalabrinii* Biozone to the «Conglomerado osífero.»
18. The presence of *Cyonasua* permits to correlate approximately the «Conglomerado osífero» and the Andalhuala Formation with those North American beds of Hemphillian age where the first South American immigrants occur for the first time (Marshall, 1985 but see Pascual et al., 1965 for a different view).

Correlation with the «Puelchan»

The «Formación» Puelche (or informally the «Puelchan») occurs deep in the subsoil of the Pampean region. The «Puelchan» is today based on thick, water-saturated, fluvial sands (and only known by drilling; Sala and Auge, 1970; Pascual and Odreman Rivas, 1971). The «Puelchan» also overlies the marine Paraná Formation (Middle Miocene-earliest Late Miocene, Cione, 1988). Santa Cruz (1972) formally designated this unit as the Puelche Formation. This name is not acceptable for it is not geographic; it refers to an Indian tribe from Patagonia. However, it is worthy of formal recognition (following North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983, p. 851) for its uniqueness and economic importance. All the fossils that are known from this unit have been obtained from drilling operations by means of suction pumps, without any kind of stratigraphic control (see synthesis of Rusconi, 1948, 1949, and also see Castellanos, 1936). In the same unit, marine vertebrates typical of the marine Paraná Formation and the «Conglomerado osífero» occur: *Carcharias acutissima*, *Isurus hastalis*, *Carcharhinus* spp., Myliobatoidei and Sciaenidae (Rusconi, 1948; personal observation ALC) along with terrestrial vertebrates (toxodontid and rodents; see Rusconi, 1948, 1949; Cione and Tonni, 1995; Bond, 1999; Bond et al., 1995; Bond and López, 1998). However, these remains formed the basis for speculating that the mammals comprised an ancient pampean fauna that could well be «Ensenadense basal» (Pascual et al., 1965) or older, but always pampean (Simpson, 1940). This is despite the fact that «mammal remains from the Puelche are, in most cases, fragmentary and their determination is according to Pascual et al. (1965, p. 180), more doubtful than believed by Rusconi» (Marshall et al., 1984, p. 24). Pascual et al. (1965) established that the fauna had a post-Chapadmalalan aspect and included Ensenadan taxa. Despite the lack of stratigraphic control, Pascual et al. (1965), Reig (1981), and Marshall et al. (1984; and all other workers) included the mammals from the «Puelchense» in the «Uquian» faunal list, and even correlated the «Puelchense» with the lower part of «Uquian Land-mammal age» (cf. Kraglievich, 1952; Reig, 1981).

We consider that the presence of the abundant Miocene vertebrates and the stratigraphic relationships confirm the correlation of at least the base of the Puelchan beds with the Ituzaingó Formation. We identify no Marplatán (the age post-Chapadmalalan and pre-Ensenadan that replaces the «Uquian age;» see Cione and Tonni, 1995) from the Puelchan beds.

Biogeography

Marine vertebrates

Genera of marine fishes in the Paraná Formation are those known from the warmer part of the Argentinian Biogeographic Province (sensu López, 1964; see Cione, 1978, 1988). The fauna is integrated by inhabitants of the shelf, probably inner shelf. No typical oceanic taxon was found yet.

Remarkable is the presence of heterodontid sharks, which presently do not inhabit the Atlantic Ocean. Other sharks such as pristiophorids were detected in late Oligocene-Middle Miocene beds in Patagonia. *Heterodontus* and pristiophorid species were almost worldwide in the Tertiary (Cappetta, 1987; Cione, 1988; Cione and Expósito, 1980). *Heterodontus* species live in the Pacific today (Compagno, 1984), whereas pristiophorids do not inhabit modern South American Atlantic and Pacific coasts (Compagno, 1984). Presently, only a small population of the endemic species *Pristiophorus schroederi* occurs in the (northwestern) Atlantic (Springer and Bullis, 1960). Both groups greatly reduced their distribution after the Miocene. The finding of *Pristiophorus* in the Puerta del Diablo Formation of Patagonia and *Heterodontus* in the Paraná Formation constitute the last records of these genera in the South Atlantic and in the Atlantic, respectively. Both represent an example of extirpation in a particular area and persistence in other (Cione and Azpelicueta, in preparation).

The cetaceans Pontoporiidae were also common in the northern South Pacific (north of Chile and south of Perú, Cozzuol, 1996), in the North Pacific (Barnes, 1985) and North Atlantic. The presence of pontoporiids in the Paraná Formation suggest a biogeographical connection with those regions, in a time in which the Central American seaway was still open.

Dioplotherium, apparently present in those deposits, was also found in northern Brazil (Pirabas Formation, de Toledo and Domning, 1991) and in the North Atlantic and Pacific (Domning, 1989). Balaenopteirds were proposed to be originated in the tropical Atlantic not before than late Middle Miocene, but they appeared worldwide in the record by the Late Miocene, as is the case of Paraná Formation.

If the *Monachus* affinities of *Poperiptychus argentinus* are confirmed, this group is also known to have a tropical distribution.

Consequently, aquatic mammals indicates stronger connections South-North than with others localities of the southern Hemisphere.

Aquatic continental vertebrates

The Neotropical Region is divided into two phenetic subunits according to recent fish distribution (Ringuélet, 1975; Arratia *et al.*, 1983): the Brazilian and Austral subregions. The Austral Subregion includes Patagonia, Cuyo, and southern-central Chile (Ringuélet, 1975; Arratia *et al.*, 1983; Arratia, 1997). The northern boundary of the Austral subregion is defined in Argentina by the San Juan-Desaguadero-Curacó-Colorado drainages. The Brazilian Subregion occupies the rest of South America and Central America. The Brazilian Subregion is the richest area in fish diversity and the Austral Subregion is one of the less diverse areas in the world (less than 25 species; Ringuélet, 1975; Almirón *et al.*, 1997; Arratia, 1997; Casciotta *et al.*, 1999). The Brazilian diversity dramatically diminishes south of the Río de la Plata today.

Miocene freshwater fishes from the Paraná area are typically brazilic and no austral taxon was detected.

Fishes, crocodiles, cetacean, and sirenids from the “Conglomerado osífero” are related to those of the late Miocene Laventan beds (Langston, 1965; Langston and Gasparini, 1997; Cione,

Lundberg and Machado Allison, en preparation), the Late Miocene beds of the Peru and Brazilian Acre (Boquentin *et al.*, 1989; Rancy *et al.*, 1989; Bocquentin and Souza Filho, 1990; Frailey, 1986; Gasparini, 1996) and the late Miocene–Lower Pliocene beds of Urumaco, Venezuela (Buffetaut, 1982; Gasparini, 1996). La Venta, Acre and Paraná share the tetrapods *Caiman*, *Mourasuchus* and *Gryposuchus*. Acre and Paraná also share the tetrapods *Ischyrorhynchus*, *Sauroctes* and *Ribodon*.

Presently, the Paraná-Uruguay-Plata basin is practically isolated from the Amazonian basin. The presence of similar freshwater aquatic vertebrates with Miocene beds from Colombia (present Magdalena basin), Venezuela and the Brazilian Amazonia seems to indicate hydrographic relationships that does not exist today. The occurrence of iniiid cetaceans, trichechid sirenians and a very high diversity of crocodiles also is suggestive of warmer climate than present.

Terrestrial vertebrates

Terrestrial vertebrates show a very high diversity both taxic and in inferred habits. The heterogeneous landscape, controlled by one or several rivers favoring the development of varied vegetation in a reduced area and the presence of neighbouring open areas could explain that diversity.

Temperatures and humidity were higher in the whole central and northwestern Argentina area what is clearly evidenced by the fauna and flora found from the “Araucanense,” the Huayquerian beds of the Pampean and Mesopotamic areas. However, among the terrestrial vertebrates, xenarthran and notoungulate taxa indicate that the Mesopotamic area was already a biogeographic area different to that of the Pampean and northwestern Argentina (Scillato Yané, 1975b), more closely related to Uruguay and the Brazilian Acre areas (see below) at least since the Late Miocene. Consequently, the Guayano-Brazilic dominion, as it is known today, it was probably beginning to develop. However, rodents, xenarthrans, ungulates, marsupials and carnivores showed also affinities with Catamarcan localities. The typical Central or Subandean Dominion of the Andean-Patagonian Subregion (Ringuelet, 1961; Figure 9) was not yet beginning to differentiate.

The absence of some taxa which are recorded in coeval sediments of relatively nearby regions (Glyptodontinae glyptodonts, and Myrmecophagidae and Cyclopidae vermilinguans) is noteworthy. Notoungulates and caviomorphs showed also high endemism. During the Miocene the zoogeographic and environmental characteristics of this part of the Mesopotamia must have been quite peculiar. This hypothesis is not hindered by the analysis of the rest of the biota and the geological information. With the available evidence, the closest affinities of the «Mesopotamian» xenarthrans may be found within those of the Miocene-Pliocene of Uruguay.

The “Conglomerado osífero” fauna is also important for studying the evolution of birds in relation to the “Great American Biotic Interchange” because it corresponds to a older moment than the establishment of a definitive connection between South and North America. The fossil record shows that flightless birds (and those with reduced capacity of flight) such as Rheiformes, Tinamiformes, “phororacoids,” and Opisthocomidae evolved in complete isolation during most of the Tertiary (Tambussi and Noriega, 1996). Besides this, some flying birds such as Teratornithidae and the “suboscines” passeriforms did not cross the Panama gap until the isthmus was established (Tambussi and Noriega, 1996; Noriega, 1998). Other birds (eg dendrochenin anatids and paleodin flamingos) were not biogeographically isolated. This late evidence confirms the hypothesis favoring a significative biogeographic connexion of South American bird faunas with those of North America and Europe (Martin, 1983; Rasmussen and Kay, 1992).

Environment

Marine

The high marine level of the middle Miocene sea permitted the ingression of marine waters in the Chacopampean plains at least to Paraguay and Bolivia (Uliana and Biddle, 1988; Marshall *et al.*, 1993; Cione and Cozzuol, in preparation). In the south, the marine influence was restricted to northeastern Patagonia. A warm temperate Miocene ichthyofauna occurs in the top of the Paraná Formation. The assemblage from Paraná is different from the Patagonian ichthyofauna but it is similar to that present at the same latitude in the Atlantic coast of southern Brazil (Cione, 1978). Whereas at Paraná carcharhinids, hemigaleids, and odontaspidids dominate, Patagonian ichthyofaunas are ruled by lamnids. Cetacean from the Paraná Formation also do not indicate temperatures very different to that present in the same latitude. However, the sirenian, the pinniped and the invertebrates suggest warmer waters for Paraná, which can be extended to northern Patagonia on the basis of invertebrates (Del Río, 1988).

Remarkably, contrasting with the late Oligocene-early Miocene ichthyofaunas, Middle Miocene shark assemblages appears to have been poorly diversified in Patagonia (Cione, 1978, 1988; Cione and Tonni, 1981; Perea *et al.*, 1985; Perea and Ubilla, 1989, 1990).

The elasmobranch association present in the Paraná Formation suggest normal marine salinity.

Continental

Neither dipnoan nor anuran were recorded in the area. Taking into consideration the relatively good preservation of dipnoan teeth, lack of these fishes could be related to the absence of appropriate lentic environments (but see below evidence from birds). The absence of anuran could be due to a defect of preservation and collection.

The paleogeographic location of Paraná, in the subtropical to temperate belt is also confirmed by the absence of crocodylids, podocnemidids, and primates. Today, South American crocodylids inhabit strictly tropical regions. However, the lack of primates would be due to insufficient preservation.

The taxonomic reptile diversity, especially crocodiles from the «Conglomerado osífero» suggest varied paleoenvironments. The predominance of aquatic birds in the «Conglomerado osífero» support the presence of woody lowlands and swamps along the river banks. This type of environments is also a requisite for the trichechids and iniids, which need lakes associated to the main river to live, feed and reproduce. Besides, rheas and fororhacs suggest a savanna-like environments near the riversides (Noriega, 1994, 1995).

Glyptodontids are very diversified in the «Conglomerado osífero.» The glyptodontid diversity from the «Araucanian» of Catamarca and Tucumán is smaller. However, the main difference between both faunas lies in the very scarce glyptodontid frequency in Entre Ríos in comparison with their extraordinary abundance in the Northwest of Argentina. As middle to large sized mammals, all these glyptodonts must have preferred more open environments (savannas, grasslands, and herbaceous steppes). These conditions were probably common in the northwest but not in the Paraná area. Here, glyptodonts are represented mainly by isolated scutes, small fragments of carapace or skeleton, with clear evidence of post-mortem transportation. This suggests that they lived near the gallery forests of the «pre-Paraná», but not into them.

The tardigrade diversity must have been related to a heterogeneous landscape, surely

controlled by a river (or several rivers), favoring the development of a varied vegetation cover in reduced areas.

Comparing with other faunas from the Late Miocene and Pliocene of South America, protheriids are extremely abundant in the "Conglomerado osífero," confirming the relation of these mammals to woody and wet environments. Interatheriidae Interatheriinae notoungulates also seem to have been related to woody and wet environments while Hegetotheriidae, especially the "rodentiform" Pachyrukhinae would have inhabited more open and dry environments. An analogous situation was discovered in the Colloncuran faunas of Argentina and Laventan faunas of Colombia where Pachyrukhinae were very abundant in Patagonia, although Interatheriinae were also present. On the contrary, in Colombia, where the environment seem to have been more tropical, woody and wet, Pachyrukhinae are absent (Cerdeño and Bond, 1998) and only an endemic and large taxon of Interatheriinae, though smaller than *Munizia* occur.

The occurrence of a porcupine rodent support the presence of forested environments, as well as the biogeographic connexion with northern South America. The absence of octodontid rodents suggest the possible absence of arid environments. Octodontids are common in western and central Argentina (Central or Subandean Dominion).

Procyonids are medium-sized, good swimmers omnivores that mainly inhabit forested environments (Bond, 1986).

Among the terrestrial vertebrates, no primate was recorded. The lack of monkeys would be due to a defect of preservation because global temperatures were higher than present, primates had been recorded until Colloncuran times in Patagonia, forested areas certainly occurred in the area of Paraná (evidenced by the abundant wood present in the sediments and the association of terrestrial vertebrates) and other arboreal mammals such as porcupines are now known in the "Conglomerado osífero."

Acknowledgments

The authors would like to thank the following institutions and people:

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Naturales y Museo for permanent financial support.

Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Diamante, for assistance in the area.

F. Aceñolaza and R. Herbst, for the invitation to participate in the present volume. C. Ceruti, for assistance in Paraná. José Laza, for preparation of materials. Cecilia Deschamps for assistant to some of the authors. Carlos Tremouilles, for drawings. Carlos Steger, for loaning valuable materials.

Subfamily Protheroetheriinae									
<i>Protheroetherium</i> Ameghino, 1883								X	
<i>P. cervioides</i> Ameghino, 1883								X	
<i>P. gradatum</i> Ameghino, 1891								X	
<i>Epitherium</i> Ameghino, 1888								X	
<i>E. paranensis</i> (Ameghino, 1904)								X	
<i>Brachytherium</i> Ameghino, 1883					?		X	X	
<i>B. cuspidatum</i> Ameghino, 1883								X	
<i>Licaphrium</i> Ameghino, 1887								X	
<i>L. mesopotamiense</i> Bianchini y Bianchini, 1971								X	
<i>Thoatherium</i> Ameghino, 1887								?	
? <i>Thoatherium</i> sp.								?	
<i>Coelosoma</i> Ameghino, 1891								X	
<i>C. eversa</i> Ameghino, 1891								X	
Family Macraucheniiidae									
Subfamily Macraucheniiinae									
<i>Scalabrinitherium</i> Ameghino, 1883								X	
<i>S. bravardi</i> Ameghino, 1883								X	
<i>S. rothi</i> Ameghino, 1885								X	
<i>Oxydontherium</i> Ameghino, 1883								X	
<i>O. zeballosi</i> Ameghino, 1883								X	
<i>Mesorhinus</i> Ameghino, 1885								X	
<i>M. piramydatus</i> Ameghino, 1885								X	
<i>Paranauchenia</i> Ameghino, 1904								X	
<i>P. denticulata</i> (Ameghino, 1891)								X	
<i>Promacrauchenia</i> Ameghino, 1904							X	X	HMC
<i>P. antiqua</i> Ameghino, 1887								X	M
<i>Cullinia</i> Cabrera y Kraglievich, 1931				X				?	
<i>Cullinia</i> sp.								?	

TABLE 1. Stratigraphic and geographic range of xenarthran taxa. Abbreviations: CC, Colloncuran; May, Mayoan; Lav, Laventan; ChV, El Vivero Member of the Arroyo Chasicó Formation; ChB, Las Barrancas Member of the Arroyo Chasicó Formation; Itz, "Conglomerado osifero" of the Ituzaingó Formation; CTAr, Andalhualá Formation; Ur, Miocene-Pliocene beds of Uruguay; H, Epecuén "Formation" and Cerro Azul Formation of Pampean area; M, Montehermosan localities of Pampean area; C, Chapadmalalan localities of Pampean area.

Caviomorph Rodents	CC	Lav	Ch. V	Ch. B	Itz	CT Ar	MP Ur	HMC
Family Dinomyidae <i>Briaromys</i> Ameghino, 1889 <i>Carlesia</i> Kraglievich, 1926 <i>Diaphoromys</i> Kraglievich, 1931 <i>Doellomys</i> Alvarez, 1947 <i>Eumegamys</i> Kraglievich, 1926 <i>Eumegamysops</i> Alvarez, 1947 <i>Gyriabrus</i> Ameghino, 1891 <i>Isostylomys</i> Kraglievich, 1926 <i>Paranamys</i> Kraglievich, 1934 <i>Pentastylodon</i> Alvarez, 1947 <i>Pentastylomys</i> Kraglievich, 1926 <i>Potamarchus</i> Burmeister, 1885 <i>Pseudosignomys</i> Kraglievich, 1931 <i>Protomegamys</i> Kraglievich, 1932 <i>Tetrastylomys</i> Kraglievich, 1926 <i>Tetrastylus</i> Ameghino, 1886			X ?	? ?	X X X X X X X X X X X X X X X X X	X	X X	H H? H? H H
Family Chinchillidae <i>Lagstomopsis</i> Kraglievich, 1926			?	X	X	X	X	HMC
Family Neoepiblemidae <i>Phoberomys</i> Kraglievich, 1926 <i>Perimys</i> Ameghino, 1887 <i>Neoepiblema</i> Ameghino, 1889					X ? X			
Family Abrocomidae <i>Protabrocoma</i> Kraglievich, 1927					X			H
Family Echimyidae <i>"Eumysops" parodi</i> Kraglievich, 1945 <i>Haplostropha</i> Ameghino, 1891					X X			
Family Erethizontidae <i>Paradoxomys</i> Ameghino, 1886					X			
Family Caviidae <i>Cardiomys</i> Ameghino, 1885 <i>Caviodon</i> Ameghino, 1885 <i>Palaecocavia</i> Ameghino, 1889 <i>Parodimys</i> Kraglievich, 1932 <i>Pliodolichotis</i> Kraglievich, 1927 <i>Prodolichotis</i> Kraglievich, 1932	?		X	X	X X X X X X	X X		HMC HMC HMC
Family Hydrochoeridae <i>Anatochoerus</i> Mones & Vucetich, 1991 <i>Anchimys</i> Ameghino, 1886 <i>Anchimysops</i> Kraglievich, 1927 <i>Cardiatherium</i> Ameghino, 1883 <i>Contraecavia</i> Burmeister, 1885 <i>Kiyutherium</i> Francis & Mones, 1965 <i>Plexochoerus</i> Ameghino, 1886 <i>Procardiatherium</i> Ameghino, 1885 <i>Protohydrochoerus</i> Rovereto, 1914			?	?	X X X X X X X X X X	X	X	M H H H MC
Family Myocastoridae <i>Colpostemma</i> Ameghino, 1891 <i>Myocastor</i> Kerr, 1792					X ?			

TABLE 2. Stratigraphic and geographic range of "native ungulate" taxa.

Xenarthrans	CC	May	Lav	Ch. V	Ch. B	Itz	CT Ar	MP Ur	HMC
Order Cingulata Superfamily Dasypodoidea Family Dasypodidae Subfamily Dasypodinae Tribe Dasypodini <i>Dasypus</i> Linneé, 1758 <i>D. neogaeus</i> (Ameghino, 1891)						X X			
Subfamily Euphractinae Tribe Eutatini <i>Chasicotatus</i> Scillato-Yané, 1977 <i>Ch.</i> sp. nov.					X	X X	X		
Tribe Euphractini <i>Macroephractus</i> Ameghino, 1887 <i>M. retusus</i> Ameghino, 1887 <i>Proephractus</i> Ameghino, 1886 <i>P. limpidus</i> Ameghino, 1886 <i>Zaedyus?</i> Ameghino, 1889 <i>Z.</i> sp.					X	X X X X X	X	X X	HMC MC
Superfamily Glyptodontoidea Family Pampatheriidae <i>Kraglievichia</i> Castellanos, 1927 <i>K. paranense</i> (Ameghino, 1883) <i>Scirrotherium</i> Edmund & Theodore, 1997 <i>S.</i> sp. nov.					X	X X X X		X X	
Family Glyptodontidae Subfamily Sclerocalyptinae Tribe Sclerocalyptini <i>Berthawileria</i> Castellanos 1939 <i>B.</i> sp. Sclerocalyptini inc. "Hopliphorus" Ameghino 1889, non Lund «H.» <i>verus</i> Ameghino, 1889						X X X		X	C
Tribe Lomaphorini <i>Trachycalyptus?</i> Ameghino, 1908 <i>T?</i> <i>cingulatus</i> (Ameghino, 1889)						X			
Tribe Palaehoplophorini <i>Palaehoplophorus</i> Ameghino, 1883 <i>P. antiquus</i> (Ameghino, 1883) <i>Chlamyphractus</i> Castellanos, 1939 <i>Ch. pressulus</i> (Ameghino, 1885) <i>Protoglyptodon</i> Ameghino, 1885 <i>P. primitiviformis</i> Ameghino, 1885	X					X X X X X X			
Tribe Plohophorini <i>Plohophorus</i> Ameghino, 1887 <i>P. paranensis</i> Ameghino, 1891 <i>Parahoplophorus</i> Castellanos, 1931-32 <i>P. paranensis</i> (Ameghino, 1883)						X X X X	X	X	H? MC
Tribe Neuryurini <i>Urotherium</i> Castellanos, 1926 <i>U. interundatum</i> (Ameghino, 1885)						X X	X	X X	C

Bibliography

- Aceñolaza, F.G. 1976. Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. *Acta Geológica Lilloana* 13: 91-107.
- Aceñolaza, P.G. and Aceñolaza, F.G. 1996. Improntas foliares de una Lauraceae en la Formación Paraná (Mioceno superior), en la Villa Urquiza, Entre Ríos. *Ameghiniana* 33: 155-159.
- Aceñolaza, F.G. and Aceñolaza, G. 1999. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* Córdoba 64: 209-233.
- Aceñolaza, F.G. and Sayago, J.M.L. 1980. Análisis preliminar sobre la estratigrafía, morfodinámica y morfogénesis de la región de Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos. *Acta Geológica Lilloana* 15: 139-154.
- Albino, A. 1996. The South American fossil Squamata (Reptilia: Lepidosauria). In: G. Arratia (ed.), *Contributions of Southern South America to Vertebrate Paleontology*, München Geowissenschaft Abhandlungen 30, pp. 185-202.
- Alessandri, G. 1896. Ricerche sui pesci fossili de Paraná. *Atti della Reale Accademia di Scienze di Torino* 31: 1-17.
- Almirón, A., Azpelicueta, M.M., Casciotta, J. and López Cazorla, A. 1997. Ichthyogeographic boundary between the Brazilian and Austral subregions in South America, Argentina. *Biogeographica* 73: 23-30.
- Ambrosetti, J. 1890. Observaciones sobre los reptiles fósiles oligocenos de los terrenos terciarios antiguos del Paraná. *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 10: 409-426.
- Ambrosetti, J. 1893. Contribución al estudio de las tortugas oligocenas de los terrenos terciarios antiguos del Paraná. *Boletín Instituto Geográfico Argentino* 14: 489-499.
- Ameghino, F. 1883a. Sobre una colección de mamíferos fósiles del Piso Mesopotámico de la Formación Patagónica recogidos en las barrancas del Paraná por el Profesor Pedro Scalabrini. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* (República Argentina) 5 (entrega 1a): 101-116.
- Ameghino, F. 1883b. Sobre una nueva colección de mamíferos fósiles recogidos por el Profesor Scalabrini en las barrancas del Paraná. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 5: 112-113.
- Ameghino, F. 1885. Nuevos restos de mamíferos fósiles oligocenos recogidos por el profesor Pedro Scalabrini y pertenecientes al Museo Provincial de la ciudad de Paraná. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 8: 3-207.
- Ameghino, F. 1886. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de los terrenos Terciarios antiguos del Paraná. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* (República Argentina) 9: 3-226.
- Ameghino, F. 1887. Observaciones generales sobre el orden de los mamíferos extinguidos llamados toxodontes (Toxodontia) y sinopsis de los géneros y especies hasta ahora conocidos. *Anales del Museo de La Plata*, 1 (entrega 1): 1-66.
- Ameghino, F. 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*. 6: XXXII + 1028, Atlas: 98 láms.
- Ameghino, F. 1891. Caracteres diagnósticos de cincuenta especies nuevas de mamíferos fósiles argentinos. *Revista Argentina de Historia Natural* 1: 129-167.
- Ameghino, F. 1892. Répliques aux critiques du Dr. Burmeister sur quelques genres de mammifères fossiles de la République Argentine. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* (República Argentina), 12 (Entrega 4a): 437-469.
- Ameghino, F. 1898. Sinopsis geológico-paleontológica. En: *2do Censo de la República Argentina. I. Territorio*, Buenos Aires: 1-500.
- Ameghino, F. 1904a. Recherches de morphologie phylogénétique sur les molaires supérieures des ongulés. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 9 (ser. 3a, 3): 1-541.
- Ameghino, F. 1904b. Nuevas especies de mamíferos, cretáceos y terciarios de la República Argentina. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 20: 56-58.
- Ameghino, F. 1906. Les Formations Sédimentaires du Crétacé Supérieur et du Tertiaire de Patagonie avec un parallèle entre leurs faunes mammalogiques et celles de l'ancien continent. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 15 (ser. 3a, 8): 1-568.
- Arratia, G., Peñafort, B. and Menu-Marque, S. 1983. Peces de la Región Sureste de los Andes y sus probables relaciones biogeográficas actuales. *Deserta* 7: 48-107.
- Arratia, G. and Cione, A.L. 1996. The fossil fish record of Southern South America. In: G. Arratia (ed.), *Contributions of Southern South America to Vertebrate Paleontology*, München Geowissenschaft Abhandlungen 30, pp. 9-72.
- Arratia, G. 1997. Brazilian and Austral freshwater fish faunas of South America. A contrast. In: *Tropical biodiversity and systematics*. Proceedings of the International Symposium on Biodiversity and Systematics in Tropical Ecosystems, Bonn, 1994: 179-186.
- Báez, A.M. and Gasparini, Z. 1977. Orígenes y evolución de los anfibios y reptiles del Cenozoico de América del Sur. *Acta Geológica Lilloana* 14: 149-232.
- Berggren, W.A., Hilgen, F.J., Langereis, C.G., Kent, D., Obradovich, J., Raffi, I., Raymo, M.E., and Shackleton, N.J. 1997. Late Neogene chronology: new perspectives in high-resolution stratigraphy. *Bulletin of the Geological Society of America* 107: 1272-1287.
- Bianchini, L.H. Delupi de, and Bianchini, J.J. 1971. Revisión de los Protheroheriinae (Mammalia, Litopterna) del Mesopotamiense. *Ameghiniana* 8: 1-24.

- Bocquentin, J. and Souza Filho, J. 1990. O crocodiliano sud-americano *Carandaisuchus* como sinonimia de *Mourasuchus* (Nettosuchidae). *Revista Brasileira de Geociências* 20: 230-233.
- Bond, M. 1986. Los ungulados fósiles de Argentina. *Actas del IV Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*. Mendoza: 173.
- Bond, M. 1999. Quaternary native ungulates of Southern South America. A synthesis. *Tr. E. P. Tonni and A. L. Cione (eds.). Quaternary vertebrate paleontology in South America*. Quaternary of South America 12. Special Volume, pp. 177-205.
- Bond, M. and López, G.M. 1996. Los Macraucheniiidae (Mammalia, Litopterna) de la Formación Arroyo Chasicó (Partido de Villarino, Pcia. de Buenos Aires). *Actas Cuartas Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, Junin 1: 23-27.
- Bond, M. and López, G.M. 1998. *Notopachyrukhos tambuttoi* Rusconi, 1933, un Intertheriidae (Mammalia, Notoungulata) del Puelchense de la provincia de Buenos Aires. *Actas del X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica Buenos Aires* 1: 280-283.
- Bond, M.; Cerdeño, M.E. and López, G.M. 1995. Ungulados Nativos Sudamericanos. En: M. T Alberdi, G. Leone and E. P. Tonni (eds.). *Evolución Biológica y Climática de la región Pampeana durante los últimos cinco millones de años. Un ensayo de correlación con el Mediterráneo Occidental*. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, CSIC, pp. 257-275.
- Bondesio, P., Laza, J., Scillato Yané, G., Tonni, E.P. and Vucetich, M.G. 1980. Estado actual del conocimiento de los vertebrados de la Formación Arroyo Chasicó (Plioceno temprano) de la provincia de Buenos Aires. *Actas II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología* 3: 101-127.
- Bravard, A. 1858. Monografía de los terrenos terciarios del Paraná. (Reimpresión facsimilar con prólogo de F.G. Aceñolaza, Imprenta del Congreso de la Nación, Buenos Aires, 1995, V-XII + 1-107 pp.).
- Broin, F. de and de la Fuente, M. 1993. Les tortues fossiles d'Argentine: Synthèse. *Annales de Paléontologie* 79: 169-231.
- Buffetaut, E. 1982. Systématique, origine et évolution des Gavialidae Sud-Américains. *Géobios* 6: 127-140.
- Burmeister, G. 1871. On *Sauroceates argentinus*, a new type of Zeuglodontidae. *Annals Magazine of Natural History*, London 47: 51-55.
- Burmeister, G. 1885. Examen crítico de los mamíferos y los reptiles denominados por Don Augusto Bravard. *Anales del Museo Público de Buenos Aires* 3: 95-173.
- Burmeister, G. 1891. IX. Continuación a las adiciones al examen crítico de los mamíferos fósiles terciarios para dar a conocer los objetos de historia natural nuevos ó poco conocidos conservados en ese establecimiento. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 3: 401-461.
- Butler, R.F., Marshall, L.G., Drake, R.E. and Curtiss, G.H. 1984. Magnetic polarity stratigraphy and 40K-40Ar dating of Late Miocene and early Pliocene continental deposits, Catamarca Province, NW Argentina. *Journal of Geology* 92: 623-636.
- Cande, S.C. and Kent, D. 1995. Revised calibration of the Geomagnetic Polarity Time Scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research* 100: 6093-6096.
- Capetta, H. 1987. Chondrichthyes II. In: H.-P. Schultze (ed.), *Handbook of Paleichthyology*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, pp. 1-193
- Carlini A.A., Scillato-Yané G.J. and Vizcaino, S.F. 1990. Un singular Paratheria del Eoceno temprano de Patagonia, Argentina. *VII Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*, Buenos Aires, 1990. *Ameghiniana* 26: 241.
- Carlini, A.A., Ortiz-Jaureguizar, E., Pascual, R., Scillato-Yané, G.J. and Vizcaino, S.F. 1994. The negative paleontological record on the controverted origin and relationships of the Xenarthra. *Resúmenes del VI Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía* Trelew 21-22.
- Carlini, A.A., Pascual, R., Reguero, M., Scillato-Yané, G.J., Tonni, E.P. and Vizcaino, S.F. 1990. The first paleogene land placental mammal from Antarctica: its paleoclimatic and paleobiogeographical bearings. *IV International Congress of Systematic and Evolutionary Biology*. Washington. *Evolutionary Biology* 1990
- Carlini A.A, Heizler, M.H., Kay, R.F, Madden, R.H., Mazzoni, M.M., Re, G.H., Sandeman, H. and Vucetich, M.G. 1999. Implications of the Late Eocene Age of the Casamayoran fauna at Gran Barranca, Chubut, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 19, Supplement 3: 35A.
- Carlini, A. A, Scillato- Yané, G. J., Noriega, J. I. y Aceñolaza, F. In press. Perezosos terrestres (Xenarthra, Tardigrada) del «Mesopotamiense» (Formación ituzzaingó, Mioceno tardio-Plioceno temprano) de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. *Sivdia Geológica Salmanticensis*, 36: 13-27. Salamanca.
- Casciotta, J., Almirón, A., Cione, A. y Azpelicueta, M. M. 1999. Brazilian freshwater fish assemblages from southern Pampean area, Argentina. *Biogeographica* 75: 67-78.
- Castellanos, A. 1936. Los sedimentos del Pampeano inferior y del Araucanense en el valle de los Reartes (Sierra de Córdoba). *Publicaciones Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicoquímicas y Naturales* 6: 1-16.
- Cerdeño, E. and Bond, M. 1998. Taxonomic revision and phylogeny of *Paedotherium* and *Tremacyllus* (Pachyrukhinae, Hegetotheriidae, Notoungulata) from the Late Miocene to the Pleistocene of Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18: 799-811.
- Chebli, G.A., Tofalo, O. and Turzzini, G. 1989. Mesopotamia. *Tr. G.A. Chebli and L. Spalletti (eds.), Cuencas sedimentarias argentinas*. San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, Instituto de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 6, pp. 79-100.
- Cione, A.L. 1978 Aportes paleoictiológicos al conocimiento de la evolución de las paleotemperaturas en el área austral del América del Sur durante el Cenozoico. Aspectos zoogeográficos y ecológicos conexos. *Ameghiniana* 15: 183-208.

- Cione, A.L. 1986. Los peces continentales del Cenozoico de Argentina. Su significación paleoambiental y paleobiogeográfica. *Actas del III Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía* 2: 101-106.
- Cione, A.L. 1988. *Los peces de las formaciones marinas del Cenozoico de Argentina*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, pp. 588.
- Cione, A.L. and Expósito, S. 1980. Chondrichthyes del "Patagoniano" s.l. de Astra, Golfo de San Jorge, provincia de Chubut, Argentina. Su significado paleoclimático y paleobiogeográfico. *Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía, No. 2 and Congreso Latinoamericano de Paleontología* Buenos Aires 1, *Actas* 2: 275-290.
- Cione, A.L. and Tonni, E. 1981. Un pingüino (Aves, Spheniscidae) de la Formación Puerto Madryn (Mioceno tardío) de Chubut, Argentina. Comentarios acerca del origen, la paleoecología y zoogeografía de los Spheniscidae. *Congreso Latinoamericano de Paleontología* 2, Porto Alegre *Anais* 2: 591-604.
- Cione, A.L. and Torno, A.. 1984. Descripción y comparación de peculiares estructuras en la aleta dorsal de *Pogonias cromis* (Perciformes, Sciaenidae) y de una especie de la misma familia del Terciario tardío de Entre Ríos, Argentina. *Resúmenes VI Jornadas Argentinas de Zoología*: 178.
- Cione, A.L. and Casciotta, J.R. 1995. Freshwater teleostean fishes from the Miocene of the Quebrada de la Yesera, Salta, Northwestern Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 196: 377-394.
- Cione, A.L. and Tonni, E.P. 1995. Chronostratigraphy and "Land-mammal ages" in the Cenozoic of southern South America: principles, practices, and the "Uquian" problem. *Journal of Paleontology* 69: 135-159.
- Cione, A.L. and Tonni, E.P. 1996. Reassessment of the Pliocene-Pleistocene continental time scale of southern South America. Correlation of the Chapadmalalan with Bolivian sections. *Journal of South American Earth Sciences* 9: 221-236.
- Cione, A.L. and Casciotta, J.R. 1997. Miocene cynodontids (Osteichthyes: Characiformes) from Paraná, central eastern Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 17: 616-619.
- Cione, A.L., Vergani, G., Starck, D., and Herbst, R. 1995. Los peces del Mioceno de la Quebrada de la Yesera, provincia de Salta, Argentina. Su valor como indicadores ambientales. *Ameghiniana* 32: 129-140.
- Compagno, L. 1984. *Sharks of the World*. FAO Species Catalogue. 325 pp., Rome.
- Cordini, R. 1949. Contribución al conocimiento de la geología económica de Entre Ríos. *Anales de la Dirección General de Industrias y Minería* 2: 1-45.
- Cozzuol, M.A. 1985. The odontoceti of the "Mesopotamiense" of the Paraná River Ravines. Systematic Review. In: G. Pilleri (ed.), *Investigations on Cetacea* 17, pp. 39-54.
- Cozzuol, M.A. 1989. Una nueva especie de *Saurodelphis* Burmeister, 1891 (Cetacea: Iniidae) del "Mesopotamiense" (Mioceno tardío-Plioceno temprano) de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 25: 39-45.
- Cozzuol, M.A. 1993. *Mamíferos acuáticos del Mioceno medio y tardío de Argentina. Sistemática, evolución y biogeografía*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, inédita.
- Cozzuol, M.A. 1996. The record of the aquatic mammals in southern South America. In: G. Arratia, (ed.). *Contributions to southern South America to Vertebrate Paleontology*, Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A, Geologie und Paläontologie 30: 321-342.
- Darwin, C. 1839. *Voyage of the Beagle. Journal of researches into the Geology and Natural History of the various Countries visited by H.M.S Beagle*. Prometheus Books, London, 547 p.
- de la Fuente, M. 1988. *Las tortugas Chelidae (Pleurodira) y Testudinidae (Cryptodira) del Cenozoico argentino*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, pp. 270.
- de la Fuente, M. 1992. Las tortugas Chelidae del Terciario superior y Cuaternario del territorio argentino. *Ameghiniana* 29: 211-229.
- Deynat, P. P. and Brito, P. M. 1994. Révision des tubercules cutanés de raies (Chondrichthyes, Batoidea) du bassin du Paraná, Tertiaire d'Amerique du Sud. *Annales de Paleontologie* 80: 237-251.
- Doering, A. 1882. *Informe oficial de la Comisión científica agregada al Estado Mayor General de la expedición al Río Negro*. Geología. Buenos Aires: 299-530.
- Domning, D.P. 1982. Evolution of manatees: a speculative history. *Journal of Paleontology* 56: 599-619.
- Donadio, O. 1983. Estado sistemático de los representantes fósiles del género *Tupinambis* en Argentina (Squamata, Sauria, Teiidae) y consideraciones paleambientales. *Boletín de la Asociación Herpetológica Argentina* 1: 8.
- Edmund, G. A. 1987. Evolution of the genus *Holmesina* (Pampatheriidae, Mammalia) in Florida, with remarks on the taxonomy and distribution. *Texas Memorial Museum, Pearce-Sellards Series* 45: 1-20.
- Emmons, L.H.. 1999. A New Genus and Species of Abrocomid Rodent from Perú (Rodentia: Abrocomidae). *American Museum Novitates* 3279: 1-14.
- Flynn, J.J. and Swisher, C. C. 1995. Cenozoic South American Land-mammal ages: correlation to global geochronologies. In: W.A. Berggren, D.V. Kent, and J. Handerbol (eds.). *Geochronology, Time scales, and Correlation: Framework for a Historical Geology*; SEPM Special Publication, 54: 317-333.
- Frailey, C.D. 1986. Late Miocene and Holocene mammals, exclusive of the Notoungulata, of the rio Acre region, western Amazonia. *Contribution on Science* 374: 1-46.
- Frenquelli, J. 1920a. Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba (República Argentina)* 24: 55-256.

- Frenguelli, J. 1920b. Apuntes sobre mamíferos fósiles entrerrianos. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba (República Argentina)* 24: 27-54.
- Frenguelli, G. 1922. Sulla contemporanea presenza del *Cartharodon megalodon* Ag. e del *Cartharodon rondeleti* M. et H. nel Paranense superiore de Entre Ríos (Rep. Argentina). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 41: 50-52.
- Frenguelli, G. 1930. Las guayquerías de San Carlos en la provincia de Mendoza. *Publicaciones del Departamento de Extensión Universitaria*, Universidad Nacional del Litoral 9: 1-54.
- Galván, A.F. and Ruiz Huidobro, O.J. 1965. Geología del valle de Santa María. Estratigrafía de las formaciones mesozoico-terciarias. *Actas de las Segundas Jornadas Geológicas Argentinas* Córdoba 3: 217-230.
- Gasparini, Z. 1996. Biogeographic Evolution of the South American Crocodylians. In: G. Arratia (ed.). *Contributions of Southern South America to Vertebrate Paleontology. München Geowissenschaftliche Abhandlungen* 30, pp. 159-184.
- Gasparini, Z., de la Fuente, M. and Donadio, O. 1986. Los reptiles cenozoicos de la Argentina: Implicancias paleoambientales y evolución biogeográfica. *Actas IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Mendoza 2: 119-130.
- Gayet, M. 1991. "Holoosteán" and Teleostean fishes of Bolivia. In: R. Suárez-Soruco (ed.). *Fósiles y facies de Bolivia. I. Vertebrados*. Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos 12, pp. 453-494.
- Goin, F.J. 1991. Los Didelphoidea (Mammalia, Marsupialia) del Cenozoico tardío de la Región Pampeana. Unpublished thesis, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 327 p.
- Goin, F.J. 1995. Los Marsupiales. En: M. T. Alberdi, G. Leone and E. P. Tonni (eds.). *Evolución biológica y climática de la Región Pampeana durante los últimos cinco millones de años. Un ensayo de correlación con el Mediterráneo Occidental*. Monografías, Museo Nacional de Ciencias Naturales y Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 163-179.
- Goin, F.J. 1997a. New clues for the understanding of Neogene marsupial radiations in South America. In: R. F. Kay, R. H. Madden, R. L. Cifelli and J. Flynn (eds.). *Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta*, Colombia. Smithsonian Institution Press, Washington D. C., pp. 185-204
- Goin, F.J. 1997b. Sobre la edad y afinidades de *Zygolestes paranensis* Ameghino, 1898 (Marsupialia: Didelphidae: Marmosinae). *Neotrópica* 43: 15-19.
- Goin, F.J., Montalvo, C.I. and Visconti, G. (Submitted). Los Marsupiales (Mammalia) del Mioceno Superior de la Formación Cerro Azul (Provincia de La Pampa, Argentina). *Revista Española de Geología*, Madrid.
- Goin, F.J. and Pascual, R. 1987. News on the biology and taxonomy of the marsupials Thylascomilidae (Late Tertiary of Argentina). *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39: 219-246.
- Gradstein, D. and Ogg, C. 1996. A geologic time scale. *Episodes* 19 (chart enclosed to this number).
- Iriondo, M.H. 1980. El cuaternario de Entre Ríos. Revista de la . *Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 11: 125-141.
- Iriondo, M.H. and E.D. Rodríguez. 1973. Algunas características sedimentológicas de la Formación Ituzaingó entre La Paz y Pueblo Brugo (Entre Ríos). *Actas del V Congreso Geológico Argentino* 1: 317-331.
- Kay, R.F., Madden, R.H., Vucetich, M.G., Carlini, A.A., Mazzoni, M.M., Re, G.H., Heizler, M. and Sandeman, H. 1999. Revised Age of the Casamayoran South American Land Mammal "Age". Climatic and Biotic Implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96: 13235-13240.
- Kraglievich, L. 1922. *Amphiocnus paranense* n. gen., n.sp. Un probable precursor del *Megalocnus* de la isla de Cuba en la formación Entrerriana. *Physis* 6: 73-87.
- Kraglievich, L. 1923. Descripción de dos cráneos y otros restos del género *Pliomorplus* Amegh. procedentes de la formación entrerriana de las Barrancas del Río Paraná. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires* 33: 1-56.
- Kraglievich, L. 1931. Cuatro notas paleontológicas sobre *Octomyiodon averus* Amegh., *Argyrolagus palmeri* Amegh., *Tetrastylus montanus* Amegh. y *Muñizia paranensis* n. gen., n. sp. *Physis* 10: 242-266.
- Kraglievich, L. 1932. Diagnosis de nuevos géneros y especies de roedores cávidos y eumegámidos fósiles de Argentina. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 114: 155-181 and 211-237.
- Kraglievich, L. 1934. *La antigüedad pliocena de las faunas de Monte Hermoso y Chapadmalal, deducidas de su comparación con las que le precedieron y sucedieron*, pp. 1-136. Imprenta «El Siglo Ilustrado», San José 938, Montevideo.
- Kraglievich, J.L. 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Provincia de Buenos Aires. *Revista Museo Municipal Ciencias Naturales y Tradicional Mar del Plata* 1:8-37.
- Langston, W. 1965. Fossil crocodylians from Colombia and the Cenozoic history of the Crocodylians in South America. *University of California Publications in Geological Sciences* 52: 1-157.
- Langston, W. and Gasparini, Z. 1997. Crocodylians, *Gryposuchus*, and the South American Gavials. In: R. Kay, R. Madden, R. Cifelli and J. Flynn (eds.), *Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta*. Smithsonian Institution Press 8: 113-154.
- Lapparent de Broin, Bocquentin, F.J. and Negri, F. 1993. Gigantic turtles (Pleurodira: Pelomedusidae) from the Late Miocene-Early Pliocene of south western Amazon. *Bulletin Institut française d'Études Andines* 22: 657-670.
- Larrazet, A. 1886. Des pièces de la peau de quelques Sélaciens fossiles. *Bulletin de la Société Géologique de France* 14:259-261.
- López, R. 1964. Problemas de la distribución geográfica de los peces marinos suramericanos. *Boletín del Instituto de Biología Marina* 7: 57-63.
- Lundberg, J. 1997. Fishes of the La Venta fauna: additional taxa, biotic and paleoenvironmental implications. In: R. F. Kay, R. H. Madden, R. L. Cifelli, and J. J. Flynn (eds.), *Vertebrate paleontology in the Neotropics: The Miocene fauna of La Venta*,

- Colombia. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, pp. 67-91.
- Lundberg, J., Machado-Allison, A. and Kay, R. 1986. Miocene characid fishes from Colombia: evolutionary stasis and extirpation. *Science* 234: 208-209.
- Lundberg, J.G., Linares, O.J., Antonio, M.E. and Nass, P. 1988. *Phractocephalus hemiliopterus* (Pimelodidae, Siluriformes) from the upper Miocene Urumaco Formation, Venezuela: a further case of evolutionary stasis and local extinction among South American fishes. *Journal of Vertebrate Paleontology* 8: 131-138.
- Marshall, L.G. 1979. Review of the Prothylacyninae, an extinct Sub family of South American "Dog-like" Marsupials. *Fieldiana Geology, New Series* 3: 1-50.
- Marshall, L.G. 1981. Review of the Hathyacyninae, an extinct subfamily of South American "Dog-like" Marsupials. *Fieldiana Geology, New Series* 7: 1-120.
- Marshall, L.G. 1985. Geochronology and Land-mammal biochronology of the transamerican faunal interchange. In: *The Great American Interchange*. D. Stehli and S.D. Webb. Plenum Press, p. 49-78.
- Marshall, L.G. 1987. Systematics of Itaboraian (Middle Paleocene) age "opossum-like" marsupials from the limestone quarry at São José de Itaboraí, Brasil. In: M. Archer (ed.). *Possums and Opossums, Studies in Evolution*. Surrey Beatty & Sons and The Royal Zool. Soc. New South Wales, Sydney, pp 91-160.
- Marshall, L.G. and Patterson, B. 1981. Geology and geochronology of the mammal-bearing Tertiary of the valle de Santa María and río Corral Quemado, Catamarca province, Argentina. *Fieldiana Geology* 9: 1-80.
- Marshall, L., Hoffstetter, R. and Pascual, R., 1983. Mammals and stratigraphy: geochronology of the continental mammal-bearing Tertiary of South America. *Palaovertebrata Mémoire Extraordinaire* 1-93.
- Marshall, L.G., Case, J.A. and Woodburne, M.O. 1990. Phylogenetic relationships of the families of Marsupials. In: H. H. Genoways (ed.). *Current Mammalogy*, Vol. 2. Plenum Press, New York, pp 433-505.
- Marshall, L.G., Sempere, T. and Gayet, M. 1993. The Petaca (Late Oligocene-Middle Miocene) and Yecua (Late Miocene) formations of the Subandean Chaco basin, Bolivia, and their tectonic significance. *Documents du Laboratoire de Géologie*, Lyon 125: 291-301.
- Marshall, L., Berta, A., Hoffstetter, R., Pascual, R., Reig, O., Bombin, M. and Mones, A., 1984. Mammals and stratigraphy: geochronology of the continental mammal-bearing Quaternary of South America. *Palaovertebrata Mémoire Extraordinaire* 1-76.
- Martin, L. 1983. The origin and early radiation of birds. In: A. H. Brush and G. A. Clark (eds.). *Perspectives in Ornithology, Essays presented for the Centennial of the American Ornithologists' Union*, Cambridge University Press, New York, pp. 291-338.
- Medem, F. 1983. *Los Crocodylia de Sur America. Volumen II*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp.1-270.
- Moussy, M. de. 1857. Cuadro general de la Ciudad del Paraná. *Nacional Argentina*. 161, 162, 163, 164, Paraná.
- Moussy, M. de. 1860. *Description Physique, Géographique et Statistique de la Confédération Argentine*. I-III + Atlas.
- Mones, A. 1986. Paleovertebrata Sudamericana. Catálogo sistemático de América del Sur. Part 1: Lista preliminar y Bibliografía. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 82: 1-50.
- Muizon, Ch. de and M. Bond. Les Phocidae (Mammalia) miocènes de la Formation Paraná (Entre Ríos, Argentine). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris* 4: 165-207.
- Noriega, J.I. 1994. *Las Aves del "Mesopotamiense" de la provincia de Entre Ríos, Argentina*. Tesis Doctoral Nro. 611, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 162 p.
- Noriega, J.I. 1995. The avifauna from the "Mesopotamian" (Ituzaingó Formation: Upper Miocene) of Entre Ríos Province, Argentina. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 181: 141-148.
- Noriega, J.I. 1998. Aspectos paleozoogeográficos del registro de los Passeriformes (Aves) del Plioceno y Pleistoceno en la provincia de Buenos Aires. *V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, Mar del Plata 1: 65-71.
- Noriega, J.I. 2000. Nuevos restos de Phororhacidae (Aves: Gruiformes) del "Mesopotamiense" (Fm. Ituzaingó; Mioceno tardío) en la provincia de Entre Ríos, Argentina. *XVI Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados, San Luis*.
- Noriega, J.I. (In press). Body mass estimation and locomotion of the Miocene peleciform bird *Macranhinga*. *Acta Paleontologica Polonica*.
- Noriega, J.I. and Alvarenga, H. 2000. Phylogeny of the Tertiary giant darters (Pelecaniformes: Anhingidae) from South America. *5th International Meeting of the Society of Avian Paleontology and Evolution, Beijing*
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. 1983. North American Stratigraphic Code. *Bulletin American Association of Petroleum Geologists* 67: 841-875.
- Orbigny, A d'. 1842. *Voyage dans l'Amérique méridionale*. P. Bertrand, Paris, 188 p.
- Pascual, R. and Odreman Rivas, O. 1971. Evolución de las comunidades de los vertebrados del Terciario argentino. Los aspectos paleozoogeográficos y paleoclimáticos relacionados. *Ameghiniana* 8: 372-412.
- Pascual, R. and Bondesio, P. 1972. Un roedor Cardiatheriinae (Hydrochoeridae) de la Edad Huayqueriense (Mioceno tardío) de La Pampa. Sumario de los ambientes terrestres en la Argentina durante el Mioceno. *Ameghiniana* 19: 19-35.
- Pascual, R., Vucetich, M.G. and Bond, M. 1985. Main pathways of mammalian diversification in South America. In: D. Stehli and S. D. Webb (eds.). *The Great American Biotic Interchange*. New York and London, Plenum Press, pp. 219-247.
- Pascual, R., Vucetich, M.G. and Scillato-Yané, G.J. 1990. Extinct and recent South American and Caribbean Megalonychidae

- edentates and Hystricognathi rodents: outstanding examples of isolation. International Symposium Biogeographical aspects of insularity, *Atti dei Convegni Lincei*, Roma 85: 627-640.
- Pascual, R., Ortega Hinojosa, E., Gondar, D. and Tonni E.P. 1965. Las edades del Cenozoico mamífero de la Argentina, con especial atención a aquellas del Territorio Bonaerense. *Anales de la Comisión de Investigación Científica* 6: 165-193.
- Perea, D. and Ubilla, M. 1989. Selacifauuna del Mioceno superior del Uruguay. *Boletín Sociedad Zoológica del Uruguay* 5: 11-12.
- Perea, D. and Ubilla, M. 1990. Los selacios (Chondrichthyes) de la Fm. Camacho (Mioceno sup., Uruguay). *Revista Sociedad Uruguaya de Geología* 4: 5-13.
- Perea, D.; Ubilla, M. and Martínez, S. 1985. Nuevos aportes a la fauna, geocronología y paleoambientes del Neoterciario del sur del Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* 3: 42-54.
- Perea, D., Ubilla, M. and Piñeiro, G. 1996. First Fossil Record (Late Miocene) of *Phrynosops* (*P. geoffroanus* Complex: Chelidae) from Uruguay: Biostratigraphical and Paleoenvironmental Context. *Copeia* 2: 445-451.
- Pilleri, G. and Gühr, M. 1979. Skull, sonar field and swimming behaviour of *Ischyrorhynchus vanbenedeni* (Ameghino, 1891) and taxonomical position of the genera *Ischyrorhynchus*, *Anisodelphis* and *Pontoplanodes* (Cetacea). *Investigations on Cetacea* 10: 17-70.
- Priem, F. 1911. Poissons fossiles de la République Argentine. *Bulletin de la Société Belge de Géologie, Paléontologie et Hydrologie* 329-340.
- Rancy, A., Boquentin Villanueva, J., Pereira de Souza Filho, J., Santos, J.C.R. and Negri, F.R. 1989. Lista preliminar da fauna do Neógeno da região oriental do estado do Acre, Brasil (Material depositado em Rio Branco). VII Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados, Buenos Aires, *Ameghiniana* 26: 249.
- Rassmusen, D. and Kay, R. 1992. A Miocene aninga from Colombia, and comments of the zoogeographic relationships of South America Tertiary's avifauna. In: K. E Campbell (ed.). *Papers in Avian Paleontology honoring Pierce Brodkorb*. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 36: 225- 230.
- Reig, O.A., 1957. Sobre la posición sistemática de "*Zygolestes paranensis*" Amegh. y de "*Zygolestes enterrrianus*" Amegh., con una reconsideración de la edad y correlación del "Mesopotamiense". *Holmberga* 5: 209-226.
- Reig, O.A., 1958. Notas para una actualización del conocimiento de la fauna de la Formación Chapadmalal. II. Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia (Marsupialia: Didelphidae, Borhyaenidae). *Acta Geológica Lilloana* 2: 255-283.
- Reig, O. 1981. Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. *Monographie Naturae* 1: 1-1182.
- Reig, O.A., Kirsch, J.A.W. and Marshall, L.G. 1985. New conclusions on the relationships of the opossum-like marsupials, with an annotated classification of the Didelphimorphia. *Ameghiniana* 21: 335-343.
- Reig, O.A., Kirsch, J.A.W. and Marshall, L.G. 1987. Systematic relationships of the living and Neocenozoic American "Opossum-like" marsupials, with comments on the classifications of this and of the Cretaceous and Paleogene New World and European Metatherians. In: M. Archer (ed.). *Possums and Opossums, Studies in Evolution*. Surrey Beatty & Sons and The Royal Zoological Society of New South Wales, Sydney, pp. 1-89
- Reinhart, R.H. 1976. Fossil sirenians and demostylids from Florida and elsewhere. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences* 20: 187-300.
- Rhodin, A.G. and Mittermeier, R.A. 1983. Description of *Phrynosops williamsi*, a new species of chelid turtle of the South American *P. geoffroanus* complex. In: A. G. Rhodin and K. Miyata (eds.), *Advances in herpetology and evolutionary biology*. Museum of Comparative Zoology, Harvard, pp. 58-73.
- Ridgway, S.H. and Harrison R. (eds). 1989. *Handbook of Marine Mammals: River Dolphins and the Larger Toothed Whales*. Academic Press, New York, 343 p.
- Riggs, E.S. and Patterson, B. 1939. Stratigraphy of Late-Miocene and Pliocene deposits of the Province of Catamarca (Argentina) with notes on the faunae. *Physis* 14: 143-162.
- Ringuélet, R.A. 1961. Rasgos fundamentales de la zoogeografía de la Argentina. *Physis* 22: 151-170.
- Ringuélet, R. 1975. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecotur* 2: 1-122.
- Ringuélet, R., Arámburu, R. and Alonso, A. 1967. *Los peces argentinos de agua dulce*. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 602 p.
- Río, C.J. del 1988. Bioestratigrafía y cronoestratigrafía de la Formación Puerto Madryn (Mioceno medio) Provincia del Chubut, Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40: 231-254.
- Río, C.J. del 1991. Revisión sistemática de los bivalvos de la Formación Paraná (Mioceno medio), provincia de Entre Ríos, Argentina. *Monografías de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 7: 11-90.
- Rusconi, C. 1933. Observaciones críticas sobre reptiles terciarios de Paraná (Alligatoridae). *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba* 20: 57-106.
- Rusconi, C. 1934. Posición estratigráfica y relaciones zoológicas de los crocodylianos argentinos extinguidos. *Boletín Paleontológico* 4: 7-12.
- Rusconi, C. 1935. Observaciones sobre los gaviales fósiles argentinos. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 119: 203-214.
- Rusconi, C. 1948. El Puelchense de Buenos Aires y su fauna (Plioceno medio). (Primera parte). *Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología, Universidad Nacional del Litoral* 33: 1-99.
- Rusconi, C. 1949. El Puelchense de Buenos Aires y su fauna (Plioceno medio). (Segunda parte). *Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología, Universidad Nacional del Litoral* 36: 100-242.

- Sala, J.M. and Auge, M.P. 1970. Algunas consideraciones geohidrológicas del Noreste de la provincia de Buenos Aires. *Actas IV Jornadas Geológicas Argentinas* 2: 321-336.
- Santa Cruz, J.N. 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelche en la Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27: 5-62.
- Scartascini, G. 1954. El límite Plio-Pleistoceno de la Provincia de Entre Ríos. *Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales de Mar del Plata* 1: 55-77.
- Scillato-Yané, G.J. 1975a. Presencia de *Macroephractus retusus* (Xenarthra, Dasypodidae) en el Plioceno del Área Mesopotamia (Argentina). Su importancia bioestratigráfica y paleobiogeográfica. *Ameghiniana* 12: 322-328.
- Scillato-Yané, G.J. 1975b. Nuevo género de Dasypodidae (Edentata, Xenarthra) del Plioceno de Catamarca (Argentina). Algunas consideraciones filogenéticas y zoogeográficas sobre los Euphractini. *Actas del I Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*, Tucumán 2: 449-461, 1974.
- Scillato-Yané, G.J. 1977a. Octomylodontinae: una nueva Subfamilia de Mylodontidae (Edentata, Tardigrada). Descripción del cráneo y mandíbula de *Octomyodon robertoscagliai* n. sp. procedente de la Formación Arroyo Chasicó (Edad Chasiense, Plioceno temprano) del sur de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). Algunas consideraciones filogenéticas y sistemáticas sobre los Mylodontoidea. *Publicaciones del Museo Municipal de Ciencias Naturales. "L. Scaglia"* 2: 123-140.
- Scillato Yané, G.J. 1977b. Nuevo Megalonychidae (Edentata, Tardigrada) de Edad Chasiense (Plioceno Temprano) del sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina), su importancia filogenética, bioestratigráfica y paleobiogeográfica. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 8: 45-54.
- Scillato-Yané, G.J. 1980. Nuevo Megalonychidae (Edentata, Tardigrada) del "Mesopotamiense" (Mioceno Tardío-Plioceno) de la provincia de Entre Ríos. *Ameghiniana* 17: 193-199.
- Scillato-Yané, G.J. 1981. Nuevo Mylodontinae (Edentata, Tardigrada) del "Mesopotamiense" (Mioceno Tardío-Plioceno) de la provincia de Entre Ríos. *Ameghiniana* 18: 29-34.
- Scillato-Yané, G.J. 1982. *Los Dasypodidae (Mammalia, Edentata) del Plioceno y Pleistoceno de Argentina*. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral: 1-159.
- Scillato-Yané, G.J. 1986. Los Xenarthra fósiles de Argentina (Mammalia, Edentata). *Actas II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Mendoza 2: 151-155.
- Simpson, G.G. 1940. Review of the mammal-bearing Tertiary of South America. *Proceedings of the American Philosophical Society* 83: 649-710.
- Soria, M.F. 1981. Los Litopterna del Colhuehuapense (Oligoceno tardío) de la Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia» e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Paleontología* 3: 1-54.
- Springer, S. and Bullis, H. R. 1960. A new species of sawshark, *Pristiophorus schroederi*, from the Bahamas. *Bulletin of the Marine Science of the Gulf and Caribbean* 10: 241-254.
- Tambussi, C.P. and Noriega, J.I. 1996. Summary of the avian fossil record from the southern South America. In: G. Arratia (ed.). *Contributions of Southern South America to Vertebrate Paleontology*. Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen 30, pp. 245-264.
- Tonni, E.P., Scillato-Yané, G.J., Cione, A.L. and Carlini, A. 1998. Bioestratigrafía del Mioceno continental en el curso inferior del arroyo Chasicó, provincia de Buenos Aires. In: *Resúmenes del VII Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*, Bahía Blanca, p. 135.
- Uliana, M.A. and Biddle, K.T. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18: 172-190.
- Verzi, D.H., Vucetich, M.G. and Montalvo, C.I. 1995. Un nuevo Eumysopinae (Rodentia, Echimyidae) del Miceno tardío de la Provincia de la Pampa y consideraciones sobre la historia de la subfamilia. *Ameghiniana* 3: 191-195.
- Vizcaino S.F. and Scillato-Yané G.J. 1995. An Eocene tardigrade (Mammalia, Xenarthra) from Seymour Island, West Antarctica. *Antarctic Science* 7: 407-408.
- Vucetich, M.G. and Verzi, D.H. 1995. Los Roedores Caviomorpha. In: M. T. Alberdi, G. Leone, and E. P. Tonni (eds.). Evolución biológica y climática de la Región Pampeana durante los últimos cinco millones de años. *Monografías del Museo de Ciencias Naturales de Madrid* 12: 211-225.
- Vucetich, M.G. and Verzi, D.H. 1996. Un nuevo Eumysopinae (Rodentia, Echimyidae) de la "Formación" Irene (Chapadmalense inferior?) y la diversidad de la Subfamilia. *Actas IV Jornadas de Geología y Geofísica Bonaerenses* Tomo 1: 159-165.
- Vucetich, M.G., Verzi, D.H. and Tonni, E.P. 1997. Paleoclimatic implications of the presence of *Clyomys* (Rodentia, Caviomorpha) in the Upper Pliocene of Buenos Aires Province. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 128: 207-214.
- Wieland, G. 1923. A new Paraná pleurodiran. *American Journal of Science* 5: 1-14.
- Windhausen, A. 1931. *Geología Argentina*. Segunda Parte: Geología Histórica y Regional del territorio Argentino, Jacobo Peuser Lda. Editores, Buenos Aires, pp. 1-645.
- Wood, R.C. 1976. Two new species of *Chelus* from the Late Tertiary of northern South America. *Breviora* 435: 1-26.
- Wood, R.C. 1997. Turtles. In: R. Kay, R. Madden, R. Cifelli and J. Flynn (eds.). *Vertebrate Paleontology in the Neotropics: The*

- Miocene Fauna of La Venta*. Smithsonian Institution Press, pp. 155-170.
- Wood, R.C. and Diaz de Gamero, M.L. 1971. *Podocnemis venezuelensis*, a new fossil pelomedusid (Testudines, Pleurodira) from the Pliocene of Venezuela and a review of the history of *Podocnemis* in South America. *Breviora* 376: 1-23.
- Woodward, A.S. 1900. On some fish-remains from the Parana Formation, Argentine Republic. *Annals and Magazine of Natural History*, London 6: 1-7.

Appendix

Vertebrates not included in the tables

Marine taxa

Chondrichthyans

- Order Squaliformes
- Family Squalidae
- Squalus* sp.
- Order Lamniformes
- Family Odontaspidiidae
- Carcharias acutissima*
- Family Lamnidae
- Isurus hastalis*
- Family "Otodontidae"
- Carcharocles megalodon*,
- Order Carchariniformes
- Family Carcharhinidae
- Carcharhinus* spp.
- Galeocerdo aduncus*
- Family Hemigaleidae
- Hemipristis serra*,
- Order Heterodontiformes
- Family Heterodontidae
- Heterodontus* sp.
- Order Squatiniformes
- Family Squatinidae
- Squatina* sp.
- Order Myliobatiformes
- Family Dasyatidae
- Family Myliobatidae

«Osteichthyans»

- Order Perciformes
- Family Sciaenidae
- Sciaenidae indet.

Cetaceans

- Odontoceti
- Family Pontoporiidae
- Pontistes rectifrons* Burmeister, 1891
- Family Physeteridae
- Physeteridae indet.

- Mysticeti
- Family Balaenopteridae
- Balaenopteridae indet.
- Family Balaenidae
- Balaenidae indet.

Sirenians

Familia Dugongidae

?*Dioplotherium* sp.

Aquatic carnivores

Family Phocidae

Properiptychus argentinus (Ameghino, 1893)

Continental taxa

CHONDRICHTHYANS

Order Myliobatiformes

Family Potamotrygonidae

«Osteichthyans»

Order Siluriformes

Family Pimelodidae

Pimelodidae indet.

Family Loricariidae

Loricariidae indet.

Family Callichthyidae

Callichthyidae indet.

Family Ariidae

Ariidae indet.

Family Auchenipteridae

Auchenipteridae indet.

Order Characiformes

Family Characidae

Colossoma macropomus

Family Cynodontidae

Cynodontidae indet.

«Reptilians»

Family Chelidae

Phrynos sp.

Family Testudinidae

Testudinine indet.

Family Alligatoridae

Caiman jacare (Daudin), 1802

Caiman latirostris (Daudin), 1802

Caiman australis (Burmeister), 1885

Family Nettosuchidae

Mourasuchus nativus (Gasparini), 1985

Family Gavialidae

Gryposuchus neogaeus (Rusconi), 1935

Family Teiidae

Tupinambis cf. *T. meriana* (Dumeril & Bibron) 1839

Birds

Order Pelecaniformes

Family Anhingidae

Macranhinga paranensis Noriega 1992

Family Anhingidae

Indeterminate genus and species

Order Charadriiformes

Family Palaelodidae

Megapalaelodus sp.
 Family Phoenicopteridae
 Phoenicopteridae indet.
 Order Anseriformes
 Family Anatidae
 Subfamily Dendrocheninae
 Dendrocheninae indet.
 Order Ciconiiformes
 Family Ciconiidae
 Tribu Mycteriini
 Mycteriini indet.
 Order Rheiformes
 Family Rheidae
 Rheidae indet.
 Order Gruiformes
 Family Rallidae
 Rallidae indet.
 Family Phororhacidae
 Subfamily Phororhacinae
Onactornis? pozzii Kraglievich 1931
 Subfamily Palaeociconiinae
Andalgalornis steulleti Kraglievich 1931
Andalgalornis deautieri Kraglievich 1931

Marsupials

Sparassodonta
 Family Hathliacynidae
Notictis ortizi Ameghino 1889
 Family Borhyaenidae
 Subfamily Prothylacyninae
Stylocynus paranensis Mercerat 1917
 Family Thylacosmilidae
Achysictis lelongi Ameghino 1891
 Didelphimorphia
 Family Didelphidae
 Subfamily Marmosinae
Zygolestes paranensis Ameghino 1898

Cetaceans

Odontoceti
 Family Iniidae
Ischyrorhynchus vanbenedeni Ameghino, 1891
Saurocetes argentinus Burmeister, 1871
Saurocetes gigas (Cozzuol, 1989)
 Family Pontoporiidae
 Pontoporiinae? indet.

Sirenians

Family Trichechidae
Ribodon limbatus Ameghino, 1883

Terrestrial carnivores

Family Procyonidae

Cyonasua argentina

Recibido: 18 de agosto de 2000

Aceptado: 15 de noviembre de 2000

Quelonios de la Formación Ituzaingó (Mioceno superior-Plioceno), en Villa Urquiza, Entre Ríos, Argentina.

Betina ARGANÑARAZ¹ y Carlos Ignacio PIÑA²

Abstract. - CHELONIANS FROM THE ITUZAINGÓ FORMATION (MIO-PLIOCENE), IN VILLA URQUIZA, ENTRE RÍOS, ARGENTINA. We present Mio-Pliocene fossil remains of chelid turtles from the Ituzaingó Formation, Argentina. Material includes peripheral, pleural and neural bone plates and small plastron fragments referred to the *Phrynops geoffroanus* complex. Fossils were collected in the basal section of the Ituzaingó Formation, in association with variety of a marine invertebrate and "Mesopotamian" mammal aggregate (Late Miocene-Pliocene). The fossils studied were referred to the extant genus *Phrynops*, similar to members of the supraspecific complex *Phrynops geoffroanus*. We discuss the significance of this turtle fauna as paleoenvironmental indicator.

Key words: Chelonii. Chelidae. *Phrynops*. Mio-Pliocene. Argentina.

Palabras clave: Chelidae. *Phrynops*. Mio-Plioceno. Argentina.

Introducción

El registro fósil de tortugas en América austral es muy rico e incluye localidades en el sur de la Patagonia donde las condiciones climáticas actuales impiden el establecimiento de quelonofauna. El registro más antiguo corresponde a *Palaeochersis talampayensis*, del Triásico superior del noroeste argentino, en la actual provincia de La Rioja. Esta tortuga data entre 210 y 220 millones de años (Rougier *et al.*, 1995).

Los fósiles más antiguos que se conocen de la familia Chelidae datan del Cretácico inferior en Patagonia (Broin y De La Fuente, 1993; De La Fuente, 1997). Esta familia está bien representada en el Cenozoico de América del Sur (Wieland, 1923; Gasparini y Baez, 1975; Gasparini *et al.*, 1986; De La Fuente, 1986). Estos quelíidos dulceacuícolas actualmente están representados por algunas especies vivientes con una distribución disyunta en América del Sur, desde el norte de Venezuela hasta la Argentina central templada (Pritchard, 1979) y Australasia, como resultado de un pasado biogeográfico gondwánico (De La Fuente, 1992).

El género *Phrynops* está registrado desde el Mio-Plioceno de la Argentina (Gasparini *et al.*, 1986; De La Fuente, 1992; Broin y De La Fuente, 1993) y el Mioceno superior de Uruguay (Perea *et al.*, 1996).

En este trabajo damos a conocer restos de tortugas mio-pliocenas, correspondientes al complejo *Phrynops geoffroanus* procedentes de los niveles basales de la Formación Ituzaingó.

El material presentado se encuadra en asignaciones anteriores, y pudo ser reinterpretado y comparado con formas actuales.

¹ Jardín Botánico Córdoba, Yunyen 5491, B° Quebrada de las Rosas. C.P: 5000, Córdoba, Argentina. E-mail: betinaar@infovia.com.ar

² Becario del CONICET, C.I.C. y T.T.P. Dr. Matteri y España, C.P: 3105, Diamante, Entre Ríos, Argentina. E-mail: cidcarlos@infoshopdte.com.ar

Se agradece al Museo Regional de Villa Urquiza (MRVU) por brindar el material presentado en este trabajo y al Museo de Zoología, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, quienes pusieron a nuestra disposición parte de sus colecciones permitiéndonos compararlas con las piezas del presente estudio, y al Dr. Mario Cabrera de la Cátedra de Anatomía Comparada de la Fac. C. E. F. y N. de la ciudad de Córdoba, quien nos brindó material para realizar comparaciones. Un agradecimiento especial a los Dres. Marcelo De La Fuente y Jorge Noriega, quienes además de poner a disposición su bibliografía; brindaron observaciones y sugerencias muy valiosas de las piezas fósiles con las cuales se llevó a cabo el presente trabajo.

Antecedentes

Los registros fósiles atribuidos al género *Phrynops*, por el momento están restringidos a sedimentitas del noroeste argentino (Catamarca y Tucumán) y al área de la Mesopotamia, en Argentina; y al Departamento de San José en Uruguay (Ubilla y Perea, 1988, citado en De La Fuente, 1992). Restos que han sido asignados a *Phrynops* también se mencionan para sedimentitas pleistocenas del Carcarañá, provincia de Santa Fe (citado en De La Fuente, 1992).

Desde el siglo pasado, la existencia de placas fósiles y material fragmentado ya ha sido mencionada por Bravard (1858); Burmeister (1885); Ambrosetti (1893) quienes determinaron a nivel específico placas aisladas, pese a la naturaleza fragmentaria del material.

Wieland (1923); cita para la región del Paraná a *Parahyraspis paranaensis* como un nuevo taxón dentro de pleurodira. Mlynarski (1976, citado en De La Fuente, 1992), al referirse a las tortugas de Paraná, consideró a *Parahyraspis paranaensis* como un sinónimo de *Phrynops geoffroanus*.

Sistemática

Clase REPTILIA Laurenti

Orden CHELONII Brongniart, 1800

Suborden CASICHELYDIA Gaffney, 1975

Infraorden PLEURODIRA Cope, 1864

Familia CHELIDAE Gray, 1825

Género *Phrynops* Wagler, 1830

Phrynops cf. *Phrynops geoffroanus* complex (Schweigger, 1812) (Rhodin & Mittermeier, 1983)

Sinonimia

Parahyraspis paranaensis (Wieland, 1923)

Phrynops geoffroanus (Mlynarski, 1976)

Phrynops cf. *Phrynops geoffroanus* complex (Schweigger, 1812) (Rhodin & Mittermeier, 1983)

Material y procedencia

El material pertenece al MRVU, Entre Ríos, Argentina. Dos hioplastrones: un hioplastron izquierdo (ho) y parte del derecho (MRVU 014: I); y un hioplastron izquierdo (ho) (MRVU 019: G), fragmentos correspondientes tal vez a dos individuos diferentes. Un hipoplastron (hp) y parte del xifiplastron derechos (MRVU: K). Parte anterior derecha del plastrón de un individuo representada por epiplastron (ep) e hioplastron (ho) (MRVU: F). La mitad anterior del plastrón

adherido de un individuo de pequeño tamaño, constituida por un fragmento de epiplastron (ep), hioplastron (ho) e hipoplastron (hp) izquierdo (MRVU 011: H). Parte izquierda de un xifiplastron (Xi) (MRVU: J).

Placas del caparazón dorsal correspondientes tal vez a individuos diferentes: placas periferales izquierdas 9 y 10 (MRVU 015: E); placa pleural media impar (MRVU 016: C) y placas periféricas posteriores izquierdas 7 y 8 (MRVU 017: D).

El material utilizado en el presente trabajo proviene de sedimentitas de la Formación Ituzaingó referidas al Mioceno-Plioceno (Aceñolaza, 1976) que afloran en las barrancas de la costa oriental del río Paraná, del nivel conocido como "Mesopotamiense", y llamado también "conglomerado osífero" (Frenguelli, 1920) a 800 metros hacia el sur del puerto de Villa Urquiza. Esta sección, base de la Formación, suprayace al techo de la Formación Paraná, donde se exponen arenas arcillosas verdes con restos silicificados de peces.

Descripción. Caparazón: Algunas de las placas del caparazón dorsal fueron halladas en un área próxima entre sí por lo cual es probable que se trate del mismo individuo (MRVU 015: E y 016: C). Los surcos que delimitan los escudos epidérmicos están bien marcados. Estas placas presentan ornamentaciones en su superficie, a modo de finos surcos que se ramifican y anastomosan entre sí extendiéndose por toda la superficie dorsal del caparazón. Dado lo fragmentario del material, no puede llegar a observarse en las placas periféricas si el largo es mayor que el ancho, característica que se encuentra en la mayoría de los quelonios. En el fragmento de las placas periféricas sexta y séptima (MRVU 015: E), puede observarse una ligera curvatura hacia arriba en ambas, a modo de pestaña. La placa pleural media impar (MRVU 016: C), presenta en su superficie los surcos fuertemente marcados, correspondientes a los escudos vertebrales y costales; las placas también muestran rasgos característicos, como las ornamentaciones, por lo cual su asignación a los Chelidae no se descarta.

Plastrón: se encuentran presentes piezas más grandes que las del caparazón (Lám. 1 B: F a K). Estos fragmentos tal vez correspondan a diferentes individuos, dado la diferencia de tamaños entre algunas de las piezas, incluso la coloración de las mismas. Las suturas entre las placas están muy bien preservadas. La ornamentación está constituida por surcos delicados que se anastomosan, como la presente en el caparazón dorsal. El lóbulo anterior, representado por el epiplastron MRVU (F), en forma de U, con los bordes laterales subparalelos y redondeado en su margen anterior prácticamente no presenta curvatura alguna hacia arriba; parte de los fragmentos derechos de hioplastrón presentan fuertes procesos axilares y los surcos que delimitan a los escudos pectorales y abdominales (Fig.1: G e I). Estos surcos son casi perpendiculares al borde del plastrón. Hioplastrón (H) con surcos que delimitan a los escudos humeral, pectoral y abdominal izquierdo. Los fragmentos de xifiplastron izquierdo y derecho (J y K), pertenecientes a individuos diferentes, muestran sus suturas de unión a modo de zig-zag, con los hipoplastrones respectivos; además de exhibir en su superficie los surcos que separan los escudos femorales de los anales. Estos xifiplastrones parecerían pertenecer a individuos de pequeño tamaño.

Observaciones. Como ya lo han reiterado muchos autores (Gaffney, 1977; Pritchard y Trebbau, 1984, citados en De La Fuente, 1992) el género *Phrynops* Wagler no está muy bien definido y ha generado bastante confusión en lo referente a su taxonomía, la cual aún continúa en resolución. Es por este motivo que muchos autores han propuesto incluir dentro del género *Phrynops* a diferentes especies que se caracterizan por tener gran tamaño, cabeza deprimida con hocico romo, un hueso parietal con forma de reloj de arena y placas neurales usualmente presentes conformando

una serie anterior contigua. A su vez cuatro de las trece especies incluidas en este género *P. hilarii*, *P. geoffroanus*, *P. tuberosus* y *P. williamsi*, forman parte de un complejo supraespecífico llamado por Rhodin & Mittermeier (1983) complejo *P. geoffroanus*. Si bien estos caracteres no han podido ser observados en los restos fósiles aquí descritos dado lo escaso y la naturaleza fragmentaria del material, la presencia de muescas isquiopúbicas en la superficie visceral de los fragmentos de plastrón que muestran una conexión mediante sutura de la cintura pélvica con el plastrón. Dado que, esta relación entre la pelvis y la caja es la principal característica de las tortugas pleurodiras y la decoración de la superficie ventral plastral y dorsal de tipo de finos surcos dicotomizados y anastomosados, similar a *P. hilarii*, es otra de las características que sugieren una asignación sistemática de los mismos dentro del complejo *P. geoffroanus*.

Consideraciones paleoambientales. Las *Phrynops* vivientes habitan cuencas de agua dulce de climas templado-húmedos ó tropicales. El complejo *P. geoffroanus* representa la distribución templada más austral del género (De La Fuente, 1992). La distribución geográfica es coincidente con los ecosistemas acuáticos de alta productividad, lagos poco profundos y lagunas (Perea *et al.*, 1996).

En el "Mesopotamiense" se han registrado abundantes y numerosas tortugas, principalmente perteneciente a la familia Chelidae, género *Phrynops*. Los quelídidos, considerados buenos indicadores paleoambientales (De La Fuente, 1986), señalarían condiciones subtropicales y húmedas, en áreas bajas, inundables y con abundante vegetación. Por lo cual no resulta raro que haya existido una mayor variedad de tortugas acuáticas, entre otros reptiles.

Conclusión

Los restos fósiles con los cuales se elaboró el presente trabajo, algunos muy ornamentados, característica que puede observarse en los quelídidos vivientes; parecerían corresponder a especímenes de la Familia Chelidae (Pleurodira), y atribuidos al género *Phrynops*. Sin embargo la naturaleza fragmentaria del material impide realizar una determinación sistemática a la categoría de especie; razón por la cual se ubicó a estos fragmentos dentro del complejo *Phrynops geoffroanus*.

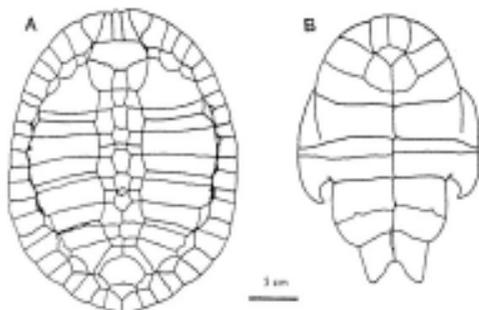


Figura 1. Especimen actual de *Phrynops hilarii*, (A) carapax y (B) plastrón. *Phrynops* cf. *Phrynops geoffroanus* complex. Especimen del Museo Regional de Villa Urquiza, Entre Ríos, Argentina (MRVU)
MRVU 016 (C): placa pleural media impar; MRVU 017 (D): placas periféricas posteriores izquierdas 7 y 8; MRVU 015 (E): restos de placas periféricas izquierdas (9 y 10); MRVU (F): fragmentos de epiplastron (ep) e hioplastron (ho) derechos; MRVU 019 (G): hioplastron izquierdo (ho); MRVU 011 (H): fragmento de epiplastron (ep), hioplastron (ho) e hipoplastron (hp) izquierdo; MRVU 014 (I): hioplastron izquierdo (ho) y parte del derecho; MRVU (J): parte izquierda de un xifiplastron (Xi); MRVU (K): hipoplastron derecho (hp) y parte del xifiplastron (Xi).

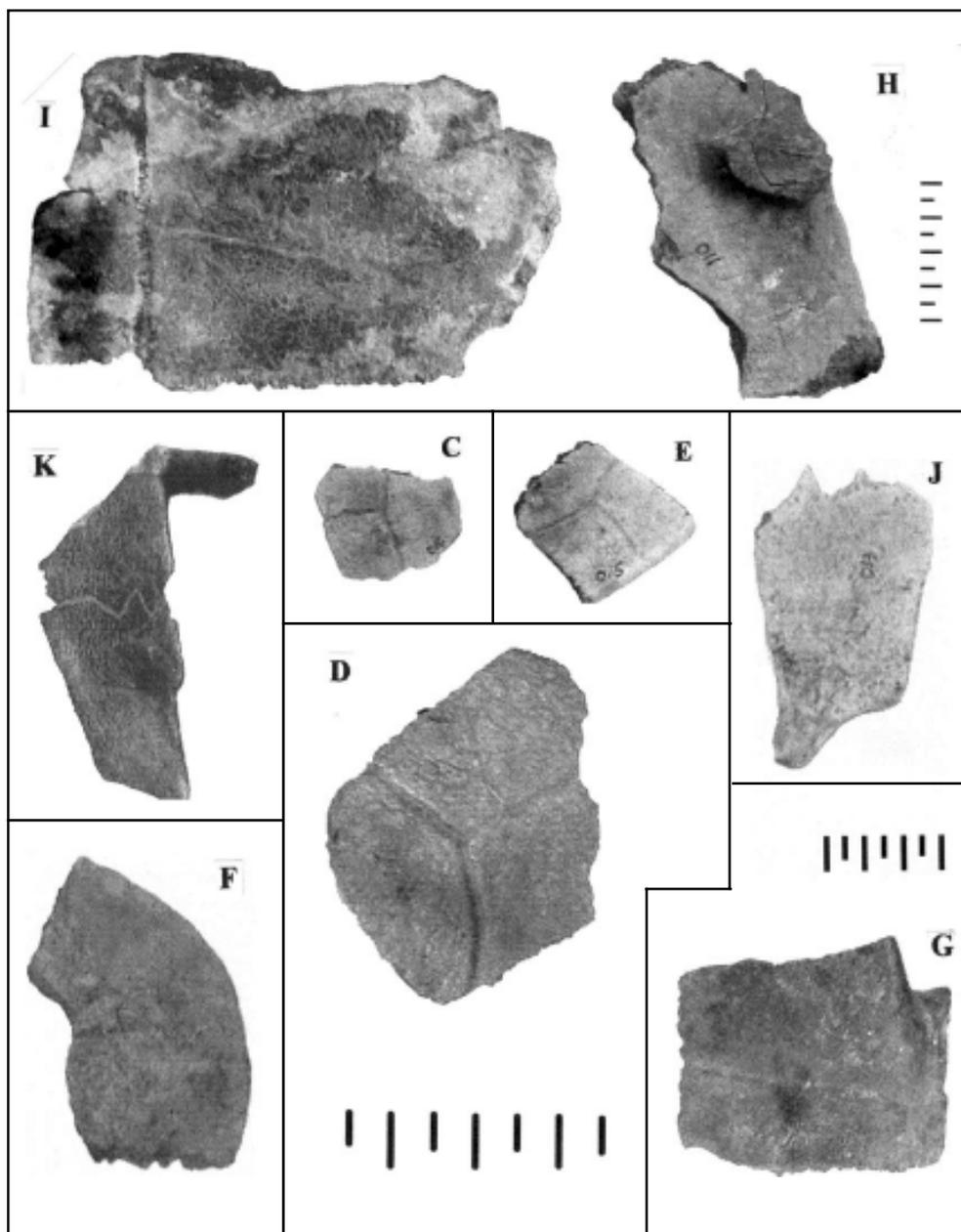


Figura 2. Continuación de cf. *Phrynops goffroanus*, complex, MRVU (F): fragmentos de epiplastron (ep) e hioplastron (ho) derechos; MRVU 019 (G): hioplastron izquierdo (ho); MERVU 011 (H): fragmento de epiplastron (ep), hioplastron (ho) e hipoplastron (hp) izquierdo; MRVU 014 (I): hioplastron izquierdo (ho) y parte del derecho; MRVU (J): parte izquierda de un xifiplastron (Xi); MRVU (K): hipoplastron derecho (hp) y parte del xifiplastron (Xi).

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. (1976). Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario Marino de Paraná y alrededores. *Acta Geológica Lilloana* XIII: 2.
- Ambrosetti, J. (1893). Contribución al estudio de las tortugas oligocenas de los terrenos terciarios antiguos de Paraná. *Boletín Instituto Geográfico Argentino*, 14: 489-499.
- Bravard, A. (1858). Monografía de los Terrenos Marinos Terciarios de las Cercanías del Paraná. Imprenta del REgistro Oficial 107 pp. Paraná (Reimpresión del Congreso de la Nación 1995).
- Broin F. DE y M.S. De la Fuente. (1993). Les Tortues Fossiles D'Argentine: Synthese. *Annales de Paleontologie*, 79 (3): 169-232.
- Burmeister, G. (1885). Examen crítico de los mamíferos y reptiles fósiles denominados por Don Augusto Bravard. Anales Museo Público Buenos Aires, 3 (14): 95-173.
- De la Fuente, M.S. (1986). Un quelido montermosense (Plioceno temprano-medio) en las proximidades de Cosquín, Provincia de Córdoba, Argentina. *Ameghiniana* 23: 65-74.
- De la Fuente, M.S. (1992). Las tortugas Chelidae del Terciario superior y Cuaternario del territorio argentino. *Ameghiniana* 29 (3): 211-229.
- De la Fuente. (1997). Las tortugas Chelidae del Cretácico de Patagonia. Aspectos paleobiogeográficos. *Resúmenes III Congreso Argentino de Herpetología*, Corrientes: 22.
- Frenguelli, J. (1920). Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. *Boletín Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, 24: 55-26.
- Gasparini Z. y A.M. Baez. (1975). Aportes al Conocimiento de la Herpetofauna Terciaria de la Argentina. *Actas del I Congreso Argentino de Paleontología y Estratigrafía*. Tucumán., p.: 377-415.
- Gasparini Z., M. de la Fuente y O. Donadio. (1986). Los reptiles cenozoicos de la Argentina: Implicancias paleoambientales y evolución biogeográfica. Pp: 119-130. *Eir*. Evolución de los Vertebrados Cenozoicos de América del Sur. *Actas IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 2.
- Perea D., M. Ubilla & G. Piñeiro. (1996). First fossil record (Late Miocene) of *Phrynops* (*P. goffroanus* Complex: Chelidae) from Uruguay: Biostratigraphical and paleoenvironmental context. *Copeia*, 1996 (2): 445-451.
- Pritchard, P.C.H. (1979). *Encyclopedia of turtles*. T.F.H. Publications, New Jersey: 895 pp.
- Rhodin, A.G.J. y R.A. Mittermeier. (1983). Description of *Phrynops williamsi*, a new species of Chelid turtle of the South American *P. goffroanus* complex. Pp. 58-73. En: *Advances in herpetology and evolutionary biology. Essays in honor of E.E. William* (A. Rhodin y K. Miyata, eds.). Museum of Comparative Zoology, Cambridge.
- Rougier, G.W.; M.S. de la Fuente y A.B. Arcucci. (1995). Late Triassic turtles from South America. *Science* 298: 855-858.
- Wieland, G.R. (1923). A New Paraná Pleurodiran. *American Journal Science*, 5.

Recibido: 5 de julio de 2000

Aceptado: 15 de noviembre de 2000

Lignofloras del Cenozoico superior del Noreste Argentino

BREA, M y A. F. ZUCOL ¹

Abstract - UPPER CENOZOIC LIGNOFLORA FROM NORTHEASTERN ARGENTINA. A summary of the fossil wood descriptions from the Argentine Mesopotamia is made. Petrified woods from the Paraná, Ituzaingó, Salto Chico, and El Palmar formations are analysed. Seven families are recognized: Lauraceae, Myrtaceae, Combretaceae, Anacardiaceae, Leguminosae (Mimosoideae and Papilionoideae), Arecaceae and Poaceae. The comparison of fossil with extant taxa, allowed to recognize paleoecological requirements and composition of three paleocommunities: the hygrophyle forest, the wood forest and the palms paleocommunities are represented in the lignoflora fossil record of this region.

Key words: Upper Cenozoic. Fossil woods. Paleocommunities. Paleoenvironments.

Palabras clave: Cenozoico superior. Leños fósiles. Paleocomunidades. Paleoambientes.

Introducción

La Mesopotamia argentina se caracteriza por la abundancia de restos fósiles vegetales de diferente naturaleza y tipos de fosilización. En este trabajo se realiza una recopilación de los leños fósiles descriptos para la región. Los ejemplares arbóreos provienen de los sedimentos marinos y continentales del Cenozoico superior, de las cuencas del río Paraná y del río Uruguay, y se describen las paleocomunidades arbóreas y paleoambientes donde estos bosques fósiles se desarrollaron.

Las primeras referencias sobre floras fósiles de la región, fueron dadas a conocer por Charles Darwin en 1832-36 en su histórico viaje por América (Darwin, 1846), donde describe las barrancas del río Paraná y cita la presencia de fósiles de origen vegetal. Más tarde, Frenguelli (1920) en su detallado trabajo sobre la geología de Entre Ríos, remarca en más de una oportunidad el hallazgo de floras fósiles terciarias.

Sorprendentemente esta flora fósil no fue estudiada en los posteriores 50 años, y fue recién en la década del 70 cuando comienzan los estudios paleoflorísticos en la Mesopotamia argentina, con trabajos realizados sobre polen, leños fósiles, cutículas, impresiones foliares y fitolitos (Anzótegui, 1974, 1980; Gamarro, 1981; Anzótegui y Garralla, 1982, 1986; Lutz, 1979, 1980 a y b, 1981, 1984, 1986; Anzótegui y Lutz, 1987; Caccavari y Anzótegui, 1987; Garralla, 1989; Lutz, 1991; Brea, 1994, 1998, 1999; Anzótegui y Acevedo, 1995; Aceñolaza y Aceñolaza, 1996; Brea et. al, 1999; Zucol y Brea, 1999, 2000).

Los únicos registros de maderas fósiles miocénicas pertenecen al SO de la región Mesopotámica, provienen del Cerro La Matanza ubicado en las cercanías de la ciudad de Victoria (Entre Ríos). Estos ejemplares han sido hallados en los sedimentos marinos gris verdoso-oliva del Mioceno de la Formación Paraná (figura 1 – localidad 6 -).

¹ Laboratorio de Paleobotánica CICYTTP-CONICET, Diamante. Dr. Materi y España SN, Diamante (3105)Entre Ríos.
E-mail: cidzucol@infoshopde.com.ar

Las lignofloras plio-pleistocenas se hallan más extensamente representadas en las barrancas de los ríos Paraná y Uruguay en las provincias de Corrientes y Entre Ríos (figura 1). Los taxa fósiles presentes en la margen izquierda del Río Paraná provienen en su mayoría de la Formación Ituzaingó (Plio-Pleistoceno); este nivel fosilífero es portador de grandes árboles petrificados incluidos en arenas fluviales con estratificación entrecruzada, ocre-amarillentas. Mientras que los registros paleoxilológicos hallados en las barrancas de la margen derecha del Río Uruguay provienen de las formaciones Salto Chico y El Palmar, ambas secuencias de origen fluvial y asignadas al Plioceno tardío-Pleistoceno inferior y Pleistoceno superior respectivamente.

Los morfotaxones presentes hasta la fecha en el registro geológico del noreste argentino corresponden a las familias Lauraceae, Myrtaceae, Combretaceae, Anacardiaceae, Leguminosae (Mimosoideae y Papilionoideae), Arecaceae y Poaceae.

Formación Paraná

La Formación Paraná fue descrita y nominada por Bravard (1858) en las barrancas de la margen izquierda del río Paraná en la localidad homónima. Esta unidad ha tenido distintas denominaciones nomenclaturales según los diferentes autores, y a lo largo del tiempo ha dado lugar a diversas confusiones (Aceñolaza, 1976; 2000).

Esta formación, de origen marino es interpretada como un paleoambiente litoral de aguas salobres depositadas bajo condiciones paleoclimáticas tropicales a subtropical-templadas (Iriando, 1973; Herbst y Zabert, 1987; Aceñolaza y Aceñolaza, 1999). La descripción, distribución e interpretación paleoambiental de esta unidad son detallados por Aceñolaza (2000).

Los registros paleobotánicos de esta Formación están basados sobre datos paleopalinológicos, paleoxilológicos e impresiones foliares (Gamerro, 1981; Lutz, 1981; Anzótegui y Garralla, 1982, 1986; Garralla, 1989; Aceñolaza y Aceñolaza, 1996).

Los sedimentos portadores de troncos fósiles provienen de la cantera Municipal de la ciudad de Victoria (Entre Ríos), ubicada en el Cerro La Matanza (figura 1). Estos ejemplares permineralizados fueron hallados en las lentes arcillo-arenosas que contienen además abundantes ostrácodos y foraminíferos (Lutz, 1980 a). A pesar del abundante contenido paleoxilológico sólo se conoce un morfotaxón, *Enterrioxylon victoriensis* (Lutz, 1980 a) asignado a la Familia Leguminosae y probablemente a la Subfamilia Papilionoideae. En su descripción, la autora, relaciona este morfotaxón con la Tribu Genisteeae y en especial con los géneros *Cytisus* L. y *Genista* L. (cuadro 1).

Formación Ituzaingó

La Formación Ituzaingó se encuentra aflorando en la barranca izquierda del río Paraná, desde el N de Corrientes hasta la ciudad de Goya y desde allí hacia el S hasta el NO de la provincia de Entre Ríos. En el subsuelo, se extiende por todo el O de Corrientes y Entre Ríos hasta la latitud de la ciudad de Paraná, E del Chaco, casi toda Santa Fé, E de Córdoba y N de Buenos Aires (Iriando, 1980; Herbst, 2000).

Esta unidad sedimentaria de origen fluvial fue reconocida formalmente por D'Orbigny (1842) como uno de los horizontes del "*Tertiare Guaranien*" y definida por De Alba (1953). Herbst (1971) y Herbst *et al.* (1976) le confieren el *status* definitivo como Formación. Estos depósitos corresponden fundamentalmente a arenas y areniscas con diferente grado de consolidación, con

granulometría que va desde arenas finas a gruesas, hasta ocasionalmente conglomerados, de coloración blanquecina, amarillenta hasta pardo-rojiza y pardo-oscura. Entre las arenas son frecuentes las intercalaciones de lentes limosas y arcillosas de coloración verdosa a gris-oscura, siendo su característica más sobresaliente las estructuras entrecruzadas de origen fluvial (Aceñolaza y Sayago, 1980; Iriondo, 1980, 1998; Herbst y Santa Cruz, 1985, Herbst, 2000).

Existe una tendencia bastante generalizada en considerar la edad de esta unidad en el Plioceno superior-Pleistoceno (Iriondo, 1980; Herbst y Santa Cruz, 1985). Estos sedimentos típicamente fluviales han sido depositados por la divagación del río Paraná bajo condiciones climáticas cálidas y húmedas (Iriondo, 1980). Herbst (2000) brinda una síntesis acerca de la Formación Ituzaingó, donde actualiza conceptos y aborda los diversos problemas de esta unidad, que en muchos sitios sobreyace a la Formación Paraná.

Los registros paleobotánicos de esta unidad están basados sobre estudios de polen, impresiones foliares, cutículas (Anzótegui, 1980; Anzótegui y Lutz, 1987; Caccavari y Anzótegui, 1987, Anzótegui y Acevedo, 1995) y permineralizaciones. Las maderas permineralizadas provenientes de las localidades de Punta Rubio, Toma Vieja Paraná y Hernandarias (figura 1), han sido asignadas a las siguientes familias (cuadro 1): Anacardiaceae (*Schinopsisylon herbstii*) (Lutz, 1979), Mimosoideae (*Mimosoxylon* sp.) (Lutz, 1991) y Poaceae (Bambusoideae sp. 1) (Zucol y Brea, 1999).

Formación Salto Chico

Esta unidad, descrita por Rimoldi (1962), se extiende a lo largo del río Uruguay en Corrientes y N de Entre Ríos hasta Colón. En esta última provincia se presenta en afloramientos discontinuos (Iriondo 1980; Iriondo y Santi, 2000).

Litológicamente, está compuesta por arenas estratificadas, finas y gruesas de color ocre amarillento a ocre rojizo, arcillas verdes y estratos de rodados de calcedonia y clastos de basalto y arenisca. La Formación Salto Chico tiene una edad estimada entre el Plioceno tardío y la base del Pleistoceno (Iriondo, 1996, 1998; Iriondo y Santi, 2000), y ha sido depositada durante un evento cálido y húmedo (Iriondo, 1980).

Entre los registros paleoxilológicos de esta Formación (figura 1) provenientes de las localidades Concordia, Arroyo Yuquerí y Arroyo Mandisoví, se encuentran presentes las siguientes familias (cuadro 2): Anacardiaceae (*Schinopsisylon heckii*) (Lutz, 1979), Mimosoideae (*Menodoxylon arenensis* y *M. mesopotamiensis*) (Lutz, 1979), Arecaceae (*Palmoxydon concordiense*) (Lutz, 1980 b, 1986) y *Palmoxydon yuqueriense* (Lutz, 1984).

Formación El Palmar

Esta Formación fue propuesta por Iriondo (1980) y abarca los depósitos sedimentarios que se extienden en una faja de 4 a 15 km de ancho a lo largo de la margen derecha del río Uruguay en las provincias de Corrientes y Entre Ríos (hasta la altura de ciudad de Concepción). Litológicamente esta integrada por arenas medianas y gruesas de origen fluvial, de color rojizo y ocre amarillento, entre las que se intercalan lentes de cantos rodados y gravas de calcedonia y ópalo. La edad de esta formación fue confirmada por Tonni (1987) como de Edad Mamífero Lujanense (Pleistoceno superior) por la presencia de *Stegomastodon platensis*. Esta unidad fue depositada en el Último Interglacial durante las condiciones climáticas más cálidas y húmedas de

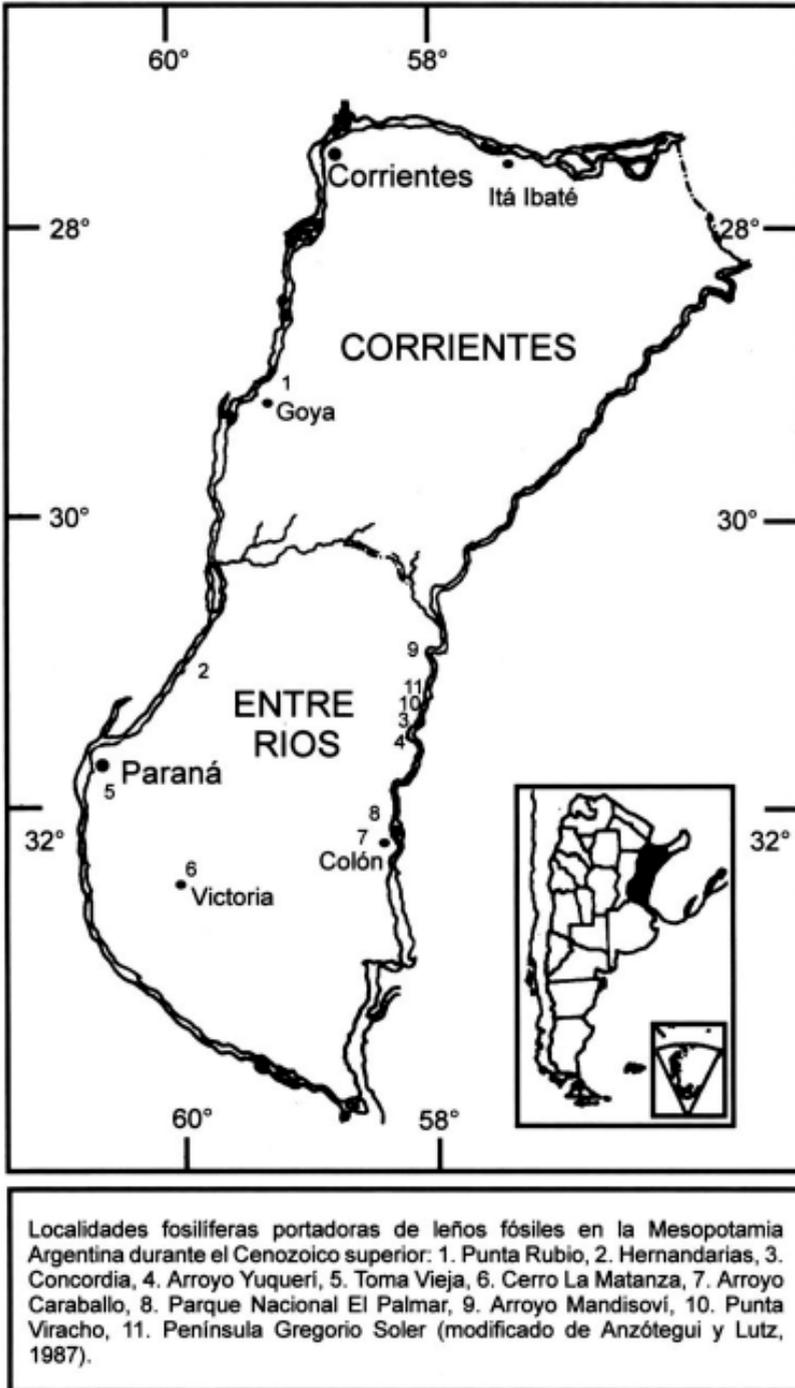


Figura 1: Localidades fosilíferas del Cenozoico superior de la Mesopotamia argentina. / Fossiliferous localities from Upper Cenozoic of the Argentine Mesopotamia.

dicho intervalo (Iriondo, 1996).

En esta Formación se han registrado representantes de las familias (cuadro 2): Lauraceae (*Ulmium mucilaginosum* y *U. artabeae*) (Brea, 1998); Mimosaceae (*Menodoxylon piptadiensis*) (Brea, 1999); Anacardiaceae (*Schinopsisylon heckii*) (Brea, 1999); Combretaceae (sp. 2) (Brea, 1994, Brea y Zucol, en prensa) y Myrtaceae (*Eugenia* sp.) (Brea, et al., 1999). Estos ejemplares provienen de las localidades Punta Gregorio Soler, Punta Viracho, Arroyo Caraballo y Parque Nacional El Palmar (figura 1).

Paleocomunidades vegetales arbóreas

La paleoecología, ofrece un enfoque integrador de las paleocomunidades vegetales en relación con el paleoambiente. Para su análisis se debe tener en cuenta los aspectos tafonómicos, autoecológicos y sinecológicos. La tafonomía por su lado, considera los efectos bioestratinómicos y diagenéticos; mientras que los aspectos ecológicos, y específicamente las formas de vida, son utilizadas para extrapolar los requerimientos ecológicos de la asociación fósil. Las reconstrucciones de las paleocomunidades y sus paleoambientes son posibles porque a similitudes de forma y estructura se corresponden similitudes adaptativas.

Los conocimientos con los que se cuenta hasta la fecha, permiten reconocer tres tipos de paleocomunidades arbóreas para el Cenozoico superior del NE Argentino: La paleocomunidad de las selvas higrófilas, de los bosques y de los palmares.

Las selvas higrófilas, vinculadas a las llanuras de inundación de los ríos, estuvieron controladas preferentemente por el factor humedad y se desarrollaron bajo condiciones de clima cálido a templado-cálido. Este tipo de vegetación, está íntimamente relacionada a un ambiente fluvial, donde el agua modera la temperatura, y reduce de esta manera la amplitud térmica, la cual se incrementa hacia los sectores periféricos del ambiente. Este microclima facilita también la disponibilidad permanente de humedad, posibilitando así la aparición de vegetación más abundante debido a que no dependen de las precipitaciones para obtener este recurso.

Los representantes arbóreos de esta paleocomunidad son lauráceas, combretáceas, mimosoideas, mirtáceas y palmeras. Se destaca dentro de esta asociación un nuevo representante fósil de las Bambusoideae (Brea y Zucol, 1999). Este morfotaxón tiene grandes afinidades con el género actual *Chusquea*, siendo éste un componente importante en los bosques montanos del Neotrópico, aunque también esta muy bien representado en las tierras bajas tropicales, las selvas en galería, los bosques de *Araucaria* y los bosques de fagáceas (Clark, 1997), teniendo una clara preferencia por los ambientes higrófilos con condiciones climáticas predominantemente cálidas a templadas-cálidas.

La paleocomunidad de los bosques estaba constituida por mimosoideas y anacardiáceas; las cuales se habrían desarrollado sobre zonas altas, de suelos maduros y no anegables, bajo condiciones climáticas templadas a subtropicales húmedas. En estos bosques las palmeras se encontraban entremezcladas y aisladas. En esta asociación, a diferencia de la anterior, la retención del agua de lluvia se hace más difícil, ya sea por el tipo de suelo o por el relieve abrupto típico de las barrancas de los ríos, que provocan un fácil drenaje superficial.

Los palmares, estaban integrados por morfotaxones con afinidades a las subfamilias Coryphoideae y Arecoideae. Anzótegui y Lutz (1987), describen la existencia de un palmar fósil en la cuenca del río Yuquerí, por la presencia de abundantes restos permineralizados casi exclusivamente de *Palmoxylon* y por el registro de polen de *Syagrus* sp. Los palmares son un elemento característico de la flora subtropical - tropical y por lo general vegetan en suelos arenosos más o menos ácidos y a veces con subsuelos rocosos a poca profundidad.

CUENCA DEL RÍO URUGUAY						Localidades fosilíferas					
Taxa	Autor	Familia	Afinidad botánica	Formación	Concordia	Arroyo Yuquerí	Punta Vrachó	Arroyo Caraballo	Punta C. Soler	PN El Palmar	Arroyo Mandokóv
<i>Schinopsisxylon heckii</i>	Lutz 1979, Brea 1999	Aracaliaceae	<i>Schinopsis</i> Engl.	Salto Chico El Palmar X				X			
<i>Menendoxylon arenensis</i>	Lutz 1979	Leguminosae-Mimosoidae	?	Salto Chico X							
<i>Menendoxylon mesopotamiensis</i>	Lutz 1979	Leguminosae-Mimosoidae	?	Salto Chico	X						
<i>Menendoxylon piptadiensis</i>	Brea 1999	Leguminosae-Mimosoidae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth) Brevan.	El Palmar			X				
<i>Palmoxylon yuqueriense</i>	Lutz 1984	Aecaceae	<i>Corypholiteae?</i> <i>Aecoidae?</i>	Salto Chico		X					
<i>Palmoxylon concordense</i>	Lutz 1980 b, 1986 Ghesman	Aecaceae	<i>Butia yatay</i> (Martius)	Salto Chico	X					X	
<i>Ulmium mucilaginosum</i>	Brea 1998	Lauraceae	<i>Orotea</i> Aubl.	El Palmar			X				
<i>Ulmium artabeae</i>	Brea 1998	Lauraceae	<i>Netandra Rolander.</i> Y Phoebe Nees	El Palmar						X	
<i>Eugenia</i> sp.	Brea et al. 1999	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	El Palmar							
<i>Combretaceae</i> sp. 2	Brea 1994	Combretaceae	<i>Terminalia triflora</i> (Gris.) Lillo	El Palmar			X				

Cuadro 2: Listas paleoflorísticas de la Cuenca del Río Uruguay. / Paleofloristic list from the río Uruguay basin.

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. 1976. Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. *Acta Geológica Lilloana* 13 (2): 91-107.
- Aceñolaza, F.G. 2000. La Formación Paraná (Mioceno medio), Estratigrafía, Distribución Regional y unidades equivalentes. *Correlación Geológica* 14: 9-27
- Aceñolaza, P.G. y Aceñolaza, F.G. 1996. Improntas foliares de una Lauraceae en la Formación Paraná (Mioceno superior), en Villa Urquiza, Entre Ríos. *Ameghiniana* 33 (2): 155-159.
- Aceñolaza, F.G. y Aceñolaza, G.F. 1999. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba 64: 209-233.
- Aceñolaza, F.G. y J.M. Sayago. 1980. Análisis preliminar sobre la estratigrafía, morfodinámica y morfogénesis de la región de Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos. *Acta geológica Lilloana* 15 (2): 139-154.
- Anzotegui, L.M. 1974. Esporomorfos del terciario superior de la provincia de Corrientes, Argentina. *I Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*, Actas 2: 318-329.
- Anzotegui, L.M. 1980. Cutículas del Terciario superior de la provincia de Corrientes, República Argentina. *II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso latinoamericano de Paleontología*, Actas III: 141-167.
- Anzotegui, L.M. y Acevedo, T.L. 1995. Revisión de *Ilexpollenites* Thiergart y una nueva especie en el Plioceno superior (Formación Ituzaingó) de Corrientes, Argentina. *VI Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*, Actas: 15-21.
- Anzotegui, L.M. y Garralla, S.S. 1982. Estudio palinológico de la Formación Paraná (Mioceno superior). Parte I. Pozo "Josefina", provincia de Santa Fe, Argentina. *III Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía*. Resumen: 32.
- Anzotegui, L.M. y Garralla, S.S. 1986. Estudio palinológico de la Formación Paraná (Mioceno superior) (Pozo "Josefina", provincia de Santa Fe, Argentina. I Parte - Descripción sistemática. *Facena* 6: 101-177.
- Anzotegui, L.M. y Lutz, A.I. 1987. Paleocomunidades vegetales del terciario superior (Formación Ituzaingó) de la Mesopotamia argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 18 (2): 131-144.
- Bravad, A. 1858. Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná. Imprenta del registro oficial. 107 pp. Paraná. (Reimpresión Imprenta del Congreso de La Nación, 1995).
- Brea, M. 1994. The first permineralized wood of the Combretaceae in the Salto Chico Formation from Entre Ríos province, Argentina. *IAWA Journal* 15 (3): 328.
- Brea, M. 1998. *Ulmium muclagosum* n.sp. y *Ulmium artabae* n.sp., Dos leños fósiles de Lauraceae en la Formación El Palmar, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 35 (2): 193-204.
- Brea, M. 1999. Leños fósiles de Anacardiaceae y Mimosaceae de la Formación El Palmar (Pleistoceno superior), departamento de Concordia, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 36 (1): 63-69.
- Brea, M. y Zucol, A.F. en prensa. Maderas fósiles de Combretaceae de la Formación El Palmar, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*.
- Brea, M. Zucol, A.F. y Scopel, A. 1999. Estudios paleobotánicos del Parque Nacional El Palmar (Argentina): I. Presencia de cuerpos cristalinos en leños fósiles de Myrtaceae. *Ameghiniana* 36 (4) suplemento - Resúmenes: 41R.
- Caccavari, M.A. y Anzotegui, L.M. 1987. Polen de Mimosoideae (Leguminosae) de la Formación Ituzaingó, Plioceno superior de Corrientes, Argentina. *IV Congreso latinoamericano de Paleontología*, Actas I: 443-458.
- Clark, L.G. 1997. Diversity, biogeography and evolution of *Chusquea*. En: *The Bamboos* (Ed. G. Chapman): 33-44. Academic Press.
- Darwin, C. 1846. *Geological observations on South America, Being the third part of the Geology of the Voyage the Beagle, during the years 1832 to 1836*. Smith elder and Co., i-vii, London. 279 pp.
- De Alba, E. 1953. Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. *Revista de la Asociación geológica Argentina* 8: 129-161.
- D'Orbigny, A. 1842. Voyage dans l'Amerique meridionale (Le Brésil, l'Uruguay, exécuté pendant les années 1826-1833 III (3) y (4).
- Frenquelli, J. 1920. Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. *Academia Nacional de Ciencias, Córdoba*. 14 (1-2): 55-256.
- Gamerro, J.C. 1981. *Azolla* y *Salvinia* (Pteridophyta Salviniales) en la Formación Paraná (Mioceno superior), Sta Fe, Rep. Argentina. *IV Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*, Resumen 3: 12-13.
- Garralla, S. 1989. Palinomorfos (Fungi) de la Formación Paraná (Mioceno superior) del Pozo Josefina, Provincia de Santa Fe, Argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 20 (1-2): 29-39.
- Herbst, R. 1971. Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26(2): 221-243.
- Herbst, R., (2000). La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigráfica y distribución: *Correlación Geológica* 14: 181-190.
- Herbst, R. y Santa Cruz, J.N. 1985. Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. *D'Orbignyana* 2: 1-69. (2° edición).
- Herbst, R. y Zabert, L. L. 1987. Microfauna de la Formación Paraná (Mioceno superior) de la cuenca Chaco-Paranense (Argentina). *Facena* 7: 165-206.

- Herbst, R., Santa Cruz, I.N. y Zabert, L.L. 1976. Avances en el conocimiento de la estratigrafía de la mesopotamia Argentina, con especial referencia a la provincia de Corrientes. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 7: 101-121. Santa Fe.
- Iriondo, M.H. 1973. Análisis ambiental de la Formación Paraná en su área tipo. *Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba* 2 (1): 19-24.
- Iriondo, M.H. 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 11: 125-141. Santa Fe.
- Iriondo, M.H. 1996. Estratigrafía del Cuaternario de la Cuenca del Río Uruguay. *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas IV: 15-25.
- Iriondo, M.H. 1998. Province of Entre Ríos. Excursion guide N° 3: 12pp. En: *Loess in Argentina: Temperate and tropical, International Joint Field Meeting*
- Iriondo, M. y M. Santi. 2000. La Formación Salto Chico en el subsuelo de Entre Ríos. *II Congreso Latinoamericano de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: 91.
- Lutz, A.I. 1979. Maderas de angiospermas (Anacardiaceae y Leguminosae) del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 3: 39-63.
- Lutz, A.I. 1980 a. *Entrerrioxylon victoriensis* nov. gen. et sp. (Leguminosae) del Mioceno superior (Fm. Paraná) de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 4: 21-29.
- Lutz, A.I. 1980 b. *Palmoxylon concordiensis* n. sp. del Plioceno de la Provincia de Entre Ríos, República Argentina. *II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso latinoamericano de Paleontología*, Actas III: 129-140. Buenos Aires.
- Lutz, A.I. 1981. *Entrerrioxylon victoriensis* nov. gen. et sp. (Leguminosae) del Mioceno superior (Formación Paraná) de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 4:21-29.
- Lutz, A.I. 1984. *Palmoxylon yuqueriense* n. sp. del Plioceno de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. *III Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas: 197-207.
- Lutz, A.I. 1986. Descripción morfo-anatómica del estipite de *Palmoxylon concordense* Lutz del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 6: 17-32.
- Lutz, A.I. 1991. Descripción anatómica de *Mimosoxylon* sp. del Plioceno (Formación Ituzaingó) de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 22 (2): 3-10.
- Rimoldi, H.V. 1962. Aprovechamiento del río Uruguay en la zona de salto Grande. Estudio geotectónico-geológico para la presa de compensación proyectada en paso hervidero (prov. Entre Ríos). *Anales de la Primera Jornada Geológica Argentina*, 2: 287-310.
- Tonni, E.P. 1987. *Stegomastodon platensis* (Mammalia, Proboscidea, Gomphotheriidae) y la antigüedad de la Formación El Palmar en el departamento Colón, Provincia de Entre Ríos, República Argentina. *Ameghiniana* 24 (3-4): 323-324.
- Zucol, A.F. y Brea, M. 1999. Una Bambusoideae petrificada de la Formación Ituzaingó (Plioceno), Paraná, Entre Ríos. *Reunión Anual de Comunicaciones Científicas APA* (Sede Tucumán).
- Zucol, A.F. y Brea, M. 2000. Análisis fitolítico de la Formación Paraná (Mioceno superior) en el departamento Diamante, Entre Ríos, Argentina. *II Congreso Latinoamericano de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: 190.

ANEXO

Listas paleoflorísticas de leños fósiles del Cenozoico superior del noreste argentino

- Bambuseae, sp. 1** Zucol y Brea, 1999. Material: Museo de Antropología "P. Serrano", Paraná.
- Combretaceae, sp. 2** Brea 1994. Holotipo: LPPB 12413, pmLPPB 1234 - 1256.
- Entrerrioxylon victoriensis** Lutz 1980 Holotipo: PB-CTES 4859, PMP-CTES 1252-56.
- Eugenia sp.** Brea, Zucol y Scopel en prensa material: BAPB 12220 a-d.
- Menendoxylon areniensis** Lutz 1979 Holotipo: PB-CTES 4824, PMP-CTES 1206. Material adicional: PB-CTES 2932, PMP-CTES 1207.
- Menendoxylon mesopotamiensis** Lutz 1979 Holotipo: PB-CTES 4829, PMP-CTES 1208. Material adicional: PB-CTES 4823, PMP-CTES 1209.
- Menendoxylon piptadensis** Lutz 1987 material: LPPB 12412, pmLPPB 1217 - 1233.
- Menendoxylon vasallensis** Lutz 1979 Holotipo: PB-CTES 2927, PMP-CTES 1204. Material adicional: PB-CTES 4827, PMP-CTES 205.
- Mimosoxylon sp.** Lutz 1991 Material: PB-CTES 2936, PMP-CTES 1517, 1518.
- Palmoxylon yuqueriense** Lutz 1984 Holotipo: PB-CTES 6031, PMP-CTES 806 a-d, 807 a-c.
- Palmoxylon concordiensis** Lutz 1980 addenda Lutz 1986 Holotipo: PB-CTES 4874, PMP-CTES 795 b, 799 a-b, 798 a-j. Material adicional: PB-CTES 4872, 4873, 4875 PMP-CTES 801 a-e, 802 a-b, 797 a-c, 796 a-c; PB-CTES 4875.

Schinopsisylon heckii Lutz 1979 Holotipo: PB-CTES 4826, PMP-CTES 1202 a-d. Material adicional: PB-CTES 4906, PMP-CTES 1203. LPPB 12418, pmLPPB 1281 – 1303.

Schinopsisylon herbstii Lutz 1979 Holotipo: PB-CTES 2925, PMP-CTES 1200 a-e. Material adicional: PB-CTES 4906, PMP-CTES 1201 a-d.

Ulinium mucilaginosum Brea 1998 Holotipo: LPPB 12414, pmLPPB 1257 – 1280

Ulinium artabae Brea 1998 Holotipo: LPPB 12411, pmLPPB 1214 – 1216

Presencia del género *Caiman* (Crocodylia: Alligatoridae) en la Formación Ituzaingó (Mioceno Superior-Plioceno), Entre Ríos, Argentina

Carlos I. PIÑA¹ y Betina ARGAÑARAZ²

Abstract- THE GENUS *CAIMAN* (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) IN ITUZAINGO FORMATION (UPPER MIOCENE-PLIOCENE), ENTRE RÍOS, ARGENTINA. A fragment fossil jaw of a crocodylian from Ituzaingó Formation (Upper Miocene-Pliocene) from Entre Ríos, Argentina is described and compared with specimens of living species of genus *Caiman* and MACN 5475, holotype of *Caiman lutescens* (Rovereto, 1912). We conclude that *C. lutescens* is a valid species, closer to *C. jacare* than *C. latirostris*.

Key Words: *Caiman*, Mio-Pliocene, Argentina.

Palabras Claves: *Caiman*, Mio-Plioceno, Argentina.

Introducción

Los cocodrilos constituyen un grupo originado en el Triásico; su posterior desarrollo y expansión ocurre desde el Cretácico y Terciario, especialmente asociado con regiones de latitudes medias-tropicales a ecuatoriales. Han ocupado un nicho ecológico amplio, tanto marino como continental, siempre vinculado con áreas acuáticas (costaneras, humedales, etc.).

Una revisión del material fósil depositado en el Museo Regional de Villa Urquiza (MRVU) en la provincia de Entre Ríos, permitió reconocer la existencia de diversos fragmentos óseos silicificados correspondientes a un fragmento mandibular y placas dorsales asignables al género *Caiman*. Este material proviene de los niveles basales de la Formación Ituzaingó (Mio-Plioceno) que afloran en distintos sectores de la barranca oriental del Río Paraná, al sur del puerto de dicha localidad.

Debe señalarse que la existencia de fragmentos de cocodrilos en esta unidad es conocida desde los trabajos de Bravard (1858) y fundamentalmente de los que realizó Rovereto (1912) y las revisiones efectuadas por Gasparini (1968, 1973, 1981) y Gasparini y Báez (1975). Este nuevo material, si bien encuadrado en asignaciones ya referidas, nos permite reinterpretarlo y a la vez compararlo con formas actuales. Para lograr este cometido no sólo se produjo un detallado análisis del material, sino que se tuvo la posibilidad de compararlo con otros similares existentes en las colecciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», y que forman parte de los fósiles descriptos originalmente por Rovereto (1912).

Estos restos, al igual de los que fueron anteriormente descriptos provienen de un nivel estratigráfico inferior de la Formación Ituzaingó, al cual, informalmente, se lo conoce con el nombre de «mesopotamiense» y que representa niveles de mayor energía en un ámbito fluvial desarrollado sobre la secuencia marina de la Formación Paraná. Esto plantea la posibilidad que

¹ Becario del CONICET, C.I.C. y T.T.P. Dr. Matteri y España, CP: 3105, Diamante, Entre Ríos, Argentina. E-mail: cidcarlos@infoshopde.com.ar

² Fraguero 185 10mo 'C', CP: 5000, Córdoba, Argentina. Jardín Botánico. Yunyen s/n - Bº Quebrada de las Rosas, Córdoba, C. P. 5000.

algunos de estos cocodrilos hayan vivido en el ámbito marino y otros en los costaneros o en sus humedales. Si bien este tema no nos ha sido posible resolver, se cree que esta comunicación sirve para replantear algunos de los criterios utilizados hasta el presente en el análisis de este tema y proponer nuevos puntos de vista para su análisis.

Se agradece al MRVU por ceder el material presentado en este trabajo, a los museos Ameghino de la ciudad de Santa Fe y al Museo provincial de Entre Ríos, quienes pusieron a nuestra disposición su bibliografía. Al Museo Argentino de Ciencias Naturales (MACN), que nos permitió comparar la mandíbula con la pieza de su colección y al departamento de Herpetología del mismo, quienes nos permitieron realizar las comparaciones con las formas actuales. Agradecemos al Dr. Noriega por sus críticas y sugerencias al manuscrito original.

Antecedentes

Bravard (1858) señala la presencia de cocodrilos por primera vez destacando la existencia de fragmentos de huesos de la cabeza, fragmentos de placas óseas dorsales y laterales y dientes. Este autor asigna todo el material al género *Crocodylus*, sin entrar en detalle en la descripción del material y sin justificar el por qué de su asignación.

Rovereto (1912) produce un extenso trabajo en el cual describe e ilustra diferentes huesos fósiles de cocodrilos del 'Mesopotamiense', entre ellos el dentario derecho de un alligatrido gigante (Fig. 1), al cual denomina *Alligator lutescens*, sobre el cual se discute en el presente trabajo. Langston (1965) incluye a esta especie en el género *Caiman*. Más recientemente Gasparini (1973) agrupa varios taxones como sinonimia de *Caiman latirostris* (*Proalligator australis* (Brav.) Ambrosetti, 1887; *Alligator australis* (Brav.) Rovereto, 1912; *Alligator lutescens*, Rovereto, 1912; *Jacaretinga australis*, Sáez, 1928; *Xenosuchus lutescens* (Rov.) Rusconi, 1933; *Caiman paranaensis* (Scal.) Patterson, 1936; *Caiman lutescens*, Langston, 1965).

Procedencia geográfica y estratigráfica

El material estudiado procede de los afloramientos de la Formación Ituzaingó, a unos 800 metros al sur del puerto de Villa Urquiza y se encuentra depositado en el museo de esa localidad (MRVU).

En la zona del puerto y hasta unos 400 metros al norte y sur del mismo, aflora un paquete de unos 6 metros de arcillas verdosas y arenas blanquecinas o gris verdosas que contienen niveles con *Ostrea patagonica* y *Pecten paranensis*. Este nivel pertenece a la Formación Paraná (Mioceno medio) y es recubierto en discordancia por las arenas blanquecinas y amarillentas de la Formación Ituzaingó (Mioceno superior - Plioceno). Esta última unidad estratigráfica, de origen fluvial, labró paleocauces sobre la marina precedente produciendo en su contacto acumulación de material clástico más grueso y, particularmente, una concentración de material óseo de diverso origen. Frenguelli (1920) al describir el piso «mesopotamiense» señala esa particularidad, nominando a los niveles de mayor granulometría con el nombre de «conglomerado osífero»; es precisamente de esos niveles de donde proviene el material que a continuación se describe.

Descripción sistemática

Clase REPTILIA Laurenti
 Orden CROCODYLIA Gmelin
 Suborden EUSUCHIA Huxley
 Familia ALLIGATORIDAE Cuvier
 Género CAIMAN Spix
Caiman cf. *lutescens* Langston, 1965

Sinonimia

Alligator lutescens Rovereto, 1912.

Caiman lutescens Langston, 1965

Caiman latirostris Gasparini, 1975

Material. El material corresponde a una sínfisis mandibular (MRVU 002) y dos placas dorsales (MRVU s/n). Asimismo se revisó y comparó con el material asignado a esta especie depositado en el MACN (pieza 5475, holotipo) que fuera descrito por Rovereto (1912) y se realizó la observación de varias mandíbulas de *Caiman latirostris* (yacaré overo) y *C. yacare* (yacaré negro) a fin de realizar comparaciones.

Diagnosis. Rovereto (1912) describe a *Alligator lutescens*, como un animal de dimensiones mayores a *C. latirostris* entre un tercio o un cuarto, según las partes. En el dentario que describe (Fig. 1), el esplenial se detiene antes de llegar a la sínfisis y a una distancia mayor que la observada en *C. latirostris*; menciona también, que tal característica varía según los géneros. El arco mandibular es más angosto que el del yacaré overo, y similar al de '*C. sclerops*' (*C. crocodilus*).

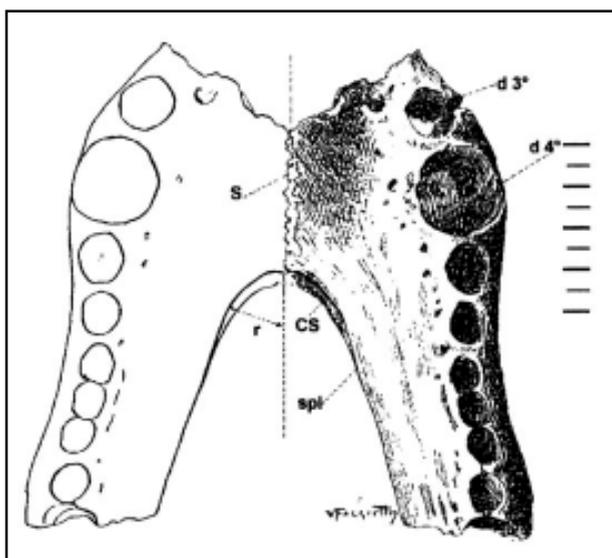


Figura 1. Dibujo de la mandíbula de *Caiman lutescens* (MACN, 5475), adaptado de Rovereto (1912). S (sínfisis mandibular), r (radio de curvatura), CS (canal de la sínfisis), spl (esplenial), d 3° (tercer diente), d 4° (cuarto diente). La escala es en cm.

Descripción. Los huesos mandibulares descriptos son los extremos distales de los dentarios, derecho e izquierdo del mismo ejemplar, si bien ambos se encuentran fracturados se mantiene la unión parcial de ambas hemimandíbulas (Fig. 2). Como característica sobresaliente de éstas, debemos mencionar el ángulo de unión que forman entre sí, la misma forma de los dentarios, la posición relativa de la sínfisis respecto a la posición de los dientes y la forma en que se inserta el esplenial en el dentario.



Figura 2. Mandíbula de *C. latirostris* y extremos de los dentarios de *C. lutescens*. La escala es en cm.

La porción del dentario derecho contiene ocho dientes (del tercero al décimo) y está fracturada en el alvéolo del segundo y del 11^o diente. La izquierda incluye menos dientes, sólo seis (del tercero al octavo), terminando en los alvéolos del segundo y noveno diente.

En MRVU 002, la marca de la inserción del esplenial termina más posteriormente de lo que lo hacen las dos especies actuales (*C. latirostris* y *C. jacare*), y su inserción a dorsal sólo es notada a la altura del quinto-sexto diente, aunque esta característica pueda haber sido borrada en el proceso de fosilización o en el transporte, el diseño externo del hueso no parece haber sufrido tal fenómeno. La forma de la mandíbula, aun sin el esplenial, es de V, y su ángulo sería aún menor si este hueso se encontrara presente. La sínfisis se encuentra a la altura del cuarto diente.

Después de observar varios cráneos de *C. latirostris*, pudimos constatar que el esplenial en esta especie llega a pocos mm de la sínfisis mandibular, siendo muy marcada su inserción a dorsal a la altura del sexto diente. La forma del dentario es de L, de tal forma que la mandíbula tiene una forma de U y la sínfisis se encuentra a la altura del sexto diente (Fig. 3).

En *C. jacare*, la sínfisis se encuentra a la altura de la mitad del quinto diente, la forma de la inserción del esplenial y el ángulo que forma el dentario en la unión son parecidos al de la forma fósil, pero el ángulo que forman los dentarios es levemente inferior en la especie fósil y el esplenial llega muy próximo a la sínfisis.

Se han comparado los fósiles presentados con aquéllos que fueran descriptos por Rovereto (1912), referidos como *Alligator lutescens*, (MACN 5475) y consideramos se trata de la misma

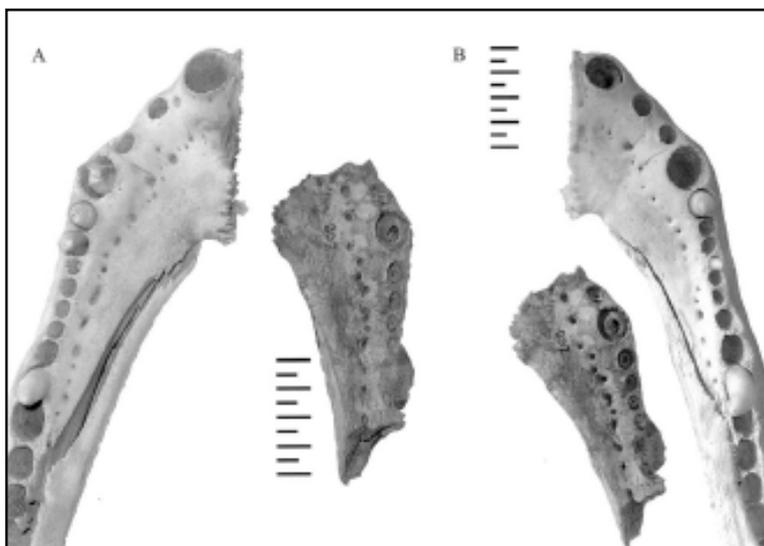


Figura 3. Hemimandíbulas de *C. latirostris* y *C. lutescens* enfrentadas (A) e izquierdas (B) comparando la forma de los dentarios y la inserción del esplenial entre ambas especies. La escala es en cm.

especie, aunque el holotipo es de mayor tamaño que el material aquí descrito.

Tomando la distancia entre el tercer y el décimo diente de ejemplares actuales de *C. latirostris*, podemos calcular el tamaño que podría haber tenido el animal del cual provienen los restos fósiles, tanto como el tamaño del ejemplar que se encuentra en la colección del MACN. La distancia de este último es de 11,72 cm, que si se tratase de *C. latirostris* daría un tamaño de cráneo de 53,5 cm, y representaría un ejemplar de 4,9 m de largo, tamaño excesivo para la especie. El tamaño deducido para MRVU 002 sería de 3,15 m.

Las placas óseas que se presentan no permiten llevar la determinación sistemática más allá del nivel ordinal, pero podemos inferir que pertenecían a animales de gran tamaño, pues las escamas de las especies actuales que hemos observado no superaron los 5 cm de largo y los 5,8 cm de ancho, aunque pueden existir mayores, contra los 6,57 cm de longitud y 8,32 cm de ancho, siendo más ancha en la parte anterior que en la posterior, igual que en las placas óseas de *C. latirostris* que se han medido (Fig. 4).

Ambas placas presentan una cúspide en el centro de su cara superior, pero ésta no es tan prominente como en una escama actual, esto puede deberse al proceso de fosilización y al transporte como ya hemos mencionado para los dentarios. Los bordes de ambas placas se encuentran gastados y no pueden verse claramente las uniones con las placas vecinas. A ventral ambas escamas son totalmente lisas y sólo se evidencian pequeños poros que pueden haber tenido función irrigatoria y/o de inserción de nervios, característica muy notable en las formas actuales.



Figura 4. Placas óseas comparadas con una actual de *C. latirostris*. La escala es en cm.

Significado paleoecológico

Los cocodrilos no son buenos indicadores paleoecológicos, aunque su presencia está relacionada a climas cálidos en lugares donde el agua no escasee. Las dos especies actuales de caimanes en el país viven asociadas a cuerpos permanentes de agua. *C. latirostris* habita en lagunas y lugares donde el agua no corre, generalmente lugares donde abunda la vegetación; a *C. yacare* se lo encuentra en áreas abiertas, grandes lagunas o ríos (Waller y Micucci, 1994).

En cercanías a la localidad de Villa Urquiza sólo se encuentra *C. latirostris*, la especie que se distribuye más al sur; *C. yacare* actualmente se encuentra a latitudes menores de 29° S. Se ha referido que la mayor incursión latitudinal por parte de *C. latirostris*, en referencia a su congénere *C. yacare*, se debe a una mayor tolerancia a las bajas temperaturas (Waller y Micucci, 1994). La presencia de fósiles de diversas especies, además de la presentada (*Caiman australis*, *C. yacare*, *Rhamphostomopsis neogaeus*, entre otros; Gasparini, 1981), además de *C. latirostris* nos podría dar la pauta de que hace unos 15 millones de años, existió en la zona un clima más cálido, en el cual han podido prosperar estas especies.

Conclusiones

Considerando la morfología de la pieza mandibular presentada, ésta no correspondería a alguna de las formas actuales, como tampoco el ejemplar MACN 5475, holotipo de *C. lutescens* (Rovereto, 1912) las que pertenecerían a la misma especie. Asimismo, *C. lutescens*, en base a la forma de la mandíbula se encontraría más cercana a *C. yacare* de lo que estaría de *C. latirostris*.

Bibliografía

- Bravard, A. (1858). Monografía de los terrenos marinos terciarios del Paraná. Imprenta del Registro Oficial 107 pp. Paraná. (Reimpresión del Congreso de la Nación 1995)
- Frenguelli, J. (1920). Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 14(1-2): 55-256.
- Gasparini, Z. 1968. Nuevos restos de *Rhamphostomopsis neogaeus* (Burm.) Rusconi, 1933 (Reptilia Crocodilia) del 'Mesopotamiense' (Plioceno medio superior) de Argentina. *Ameghiniana*, 5(8): 299-311.
- Gasparini, Z. 1973. *Revisión de los Crocodilia (Reptilia) fósiles del territorio Argentino. Su evolución, sus relaciones filogenéticas, su clasificación y sus implicancias estratigráficas*. Tesis Doctoral 314 Facultad de Ciencias Naturales La Plata: 1-169 (Inédita).
- Gasparini, Z. 1981. Los Crocodylia fósiles de Argentina. *Ameghiniana*. 18(3-4):177-205.
- Gasparini, Z. y Báez, A.M. 1975. Aportes al conocimiento de la herpetofauna terciaria de la Argentina. *Actas I Congreso Argentino Paleontología y Biostratigrafía*, Tucumán, 1974 2:377-415.
- Langston, W. 1965. Fossil crocodilians from Colombia and the Cenozoic History of the Crocodilia in South America. *University of California Publication of Geological Sciences* 52:1-157.
- Rovereto, C. 1912. Los cocodrilos fósiles de las capas del Paraná. En: *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires* 15(22), Serie 3:339-368.
- Waller, T. y P.A. Micucci. 1994. Situación del grupo *Caiman* en Argentina. Pp. 40-49. *Memorias del IV Workshop sobre Conservación y Manejo del Yacaré Overo, Caiman latirostris*. 'La Región' – Fundación Banco Bica – Santo Tomé, Santa Fe, Argentina.

Recibido: 5 de junio de 2000

Aceptado: 15 de noviembre de 2000

Síntesis paleontológica del Mioceno de los valles Calchaquíes, noroeste argentino

Rafael HERBST¹, Luisa M. ANZÓTEGUI², Graciela ESTEBAN³,
Lilia R. MAUTINO⁴, Susana MORTON² y Norma NASIF³

Abstract. - SYNTHESIS OF THE MIOCENE PALEONTOLOGY OF THE CALCHAQUÍ VALLEYS, NORTHWESTERN ARGENTINA. With the objective of showing the variety of fossil assemblages, in seven tables all the known animal and plant fossils from the lower half of the Santa María Group (San José, Las Arcas and Chiquimil Formations) are presented, as well as the involved literature. Four main areas, in different valleys are defined and shown in a map while correlations are presented in a table; a short review of the mainly fresh- to brackish paleoenvironments is given. Many of the names, specially plants and palynomorphs are provisional as further studies are currently carried out.

Key words: Megaplants. Invertebrates. Vertebrates. Palynomorphs. Miocene. Northwestern Argentina.

Palabras clave: Megaplantas. Invertebrados. Vertebrados. Palinomorfos. Mioceno. Noroeste Argentino.

Introducción

En las dos últimas décadas se ha producido un notorio aumento de la información paleontológica en la secuencia de la porción inferior del Grupo Santa María (Formaciones San José, Las Arcas y Chiquimil) y del Grupo Payogastilla (Formación Palo Pintado) en los Valles Calchaquíes (Acevedo *et al.* 1997, 1998 ; ; Anzótegui, 1992, 1997, 1998 ; Anzótegui y Cuadrado, 1996 ; Anzótegui y Herbst, 1999; Bertels y Zabert, 1980; Cuadrado y Anzótegui, 1992 ; García y Herbst, 1997 ; Herbst *et al.*, 1987 ; Mautino y Anzótegui, 1998, 1999 ; Mautino *et al.* 1997 ; Morton, 1982-4, 1986, 1998). De igual manera, se ha obtenido alguna información paleontológica novedosa del área de Hualfin y de la zona de Corral Quemado-Villavil (Mautino y Anzótegui, 2000 a, b) (fig.1). Estos datos fueron volcados en diferentes publicaciones mientras otros trabajos están en preparación (ver bibliografía).

Hemos creído conveniente brindar aquí una síntesis de lo conocido a la fecha, tanto lo publicado como parte de lo inédito, con el doble propósito de mostrar la variedad y calidad de los fósiles presentes en estas unidades y en segundo lugar para proveer de herramientas de comparación, con otras unidades de la misma edad, particularmente las Formaciones Paraná e Ituzaingó aflorantes en la región del Litoral argentino.

Un interesante antecedente, aunque parcial, de un esfuerzo de esta naturaleza, lo constituye la "lista de fósiles" brindada por Gavriloff *et al.* (1998) para la provincia de Tucumán. La absoluta mayoría de los fósiles allí citados corresponden a estas porciones de la columna sedimentaria del Neógeno, esto es, la porción inferior del Grupo Santa María, que aquí se amplía a localidades de las provincias de Catamarca y Salta. Pero es menester señalar que una parte de ese listado, en especial la información derivada de Vergani *et al.* (1991) no está publicada ya que tanto los palinomorfos como los microfósiles calcáreos no están avalados por descripciones ni ilustraciones.

Es idea generalmente aceptada que la porción inferior del Grupo Santa María, ha tenido directa conexión con la "ingresión Paranense". Es probable que la o las llanuras fluviales de esa época hayan recibido sucesivos "pulsos" de agua marina que inundaron estas planicies, generan-

do cuerpos de agua de bastante magnitud. Éstos fueron suficientemente importantes en extensión areal, de modo tal que los sedimentos que dejaron reflejan por lo menos dos paleolagos que recibieron los nombres de “lago etapa antigua” (LEA) para parte de la Formación San José y “lago etapa moderna” (LEM) para parte de la Formación Chiquimil (Gavriloff y Bossi, 1992; Bossi *et al.*, 1998). La salinidad variable de estos paleolagos, producto de sucesivos aportes marinos y de la posterior desalinización por la contribución de aguas dulces de los ríos del *hinterland*, ha generado una variedad de opiniones sobre el ambiente general de estas unidades sedimentarias; estas ideas han dependido, naturalmente, de donde puntualmente se habían extraído las muestras o estudiado las secciones y se han extrapolado para esta amplia región. Sin embargo, la información paleontológica disponible, no registra formas decididamente marinas, aunque algunos microfósiles puedan indicar hipersalinidad en algunos sectores, que se explican justamente por los aportes esporádicos de aguas marinas mencionadas arriba.

Los aspectos geológicos (estratigráficos) de estas secuencias no serán analizados ni discutidos aquí ya que han sido objeto de numerosos trabajos, resumidos en Bossi *et al.*, (1998). No obstante, para enmarcar cronológicamente los fósiles hallados, se ha preparado un Cuadro de correlaciones que no pretende ser absolutamente preciso, sino meramente dar una idea de la ubicación de las unidades estratigráficas. La elección de los autores cuyas ideas se vuelcan en el Cuadro responde, en general, a la nomenclatura de mayor uso. Como se puede comprobar, todas las secuencias aquí tratadas, corresponden al Mioceno.

La información paleontológica disponible se ha resumido en varios Cuadros (2 a 7) en los que se detallan los taxones encontrados, en algunos casos todavía con nombres provisionales, sujetos a modificaciones con estudios posteriores. Para los invertebrados, que pertenecen a los grupos mejor conocidos, se ha preparado, además, un Cuadro donde se describe los habitats o ambientes de los moluscos, de acuerdo con diferentes autores (citados en cada caso). Se desprende del mismo, que aún cuando existen algunos animales capaces de soportar un fuerte nivel de salinidad, la gran mayoría son dulceacuícolas.

Es interesante señalar que el conocimiento de los microfósiles calcáreos (foraminíferos y ostrácodos) es bastante magro. En la literatura publicada solamente se citan tres formas de foraminíferos y una de ostrácodo, mientras que en la también escasa bibliografía inédita se le agregan cuatro nombres de foraminíferos y tres de ostrácodos; pero de estos taxones, como se señaló, no existen descripciones ni ilustraciones. Estas escasas menciones están sintetizadas en el Cuadro 7.

Se incluye también un Cuadro dedicado a los vertebrados hallados en dos de las Formaciones del Grupo Santa María, Las Arcas y Chiquimil ; de ésta última se ha obtenido la mayor cantidad de restos en los últimos años. En la actualidad, se está prospectando activamente la Formación Las Arcas a fin de acrecentar el registro.

Los vertebrados están representados casi en su totalidad por mamíferos. Hay escasos restos de aves y placas aisladas de tortugas, que aún no han sido determinadas. Aunque no figuran en el Cuadro 6 merece mencionarse la abundante y frecuente presencia, en numerosos niveles de las Formaciones San José, Chiquimil y Palo Pintado, de unos pequeños peces que han sido asignados a la Familia Poecilidae (De Faveri, 1978 ; Cione *et al.*, 1995) pero que lamentablemente no han sido estudiados en detalle aún.

La autoría de los Cuadros es la siguiente :

- Cuadro 2 (polen/esporas) : L.Mautino y L.M. Anzótegui
Cuadro 3 (megafofites vegetales) : L.M. Anzótegui
Cuadro 4 (invertebrados) : L.S. Morton
Cuadro 5 (ambientes de invertebrados) : L.S. Morton
Cuadro 6 (vertebrados) : G.I. Esteban y N.Nasif
Cuadro 7 (microfósiles calcáreos) : R. Herbst

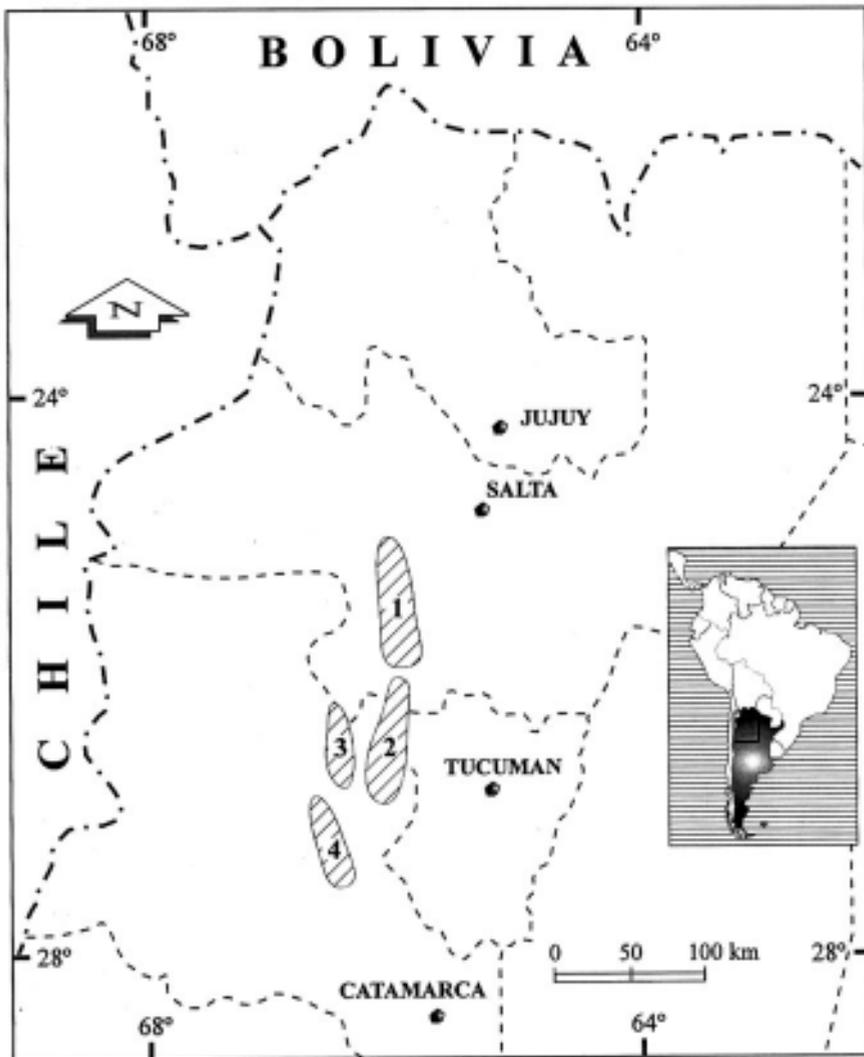


Figura 1. Areas de afloramiento de las secuencias miocénicas: 1) Grupo Payogastilla (Salta), 2) grupo Santa María (Catamarca - Tucumán), 3) grupo El Bolsón (Catamarca), 4) grupo Santa María (Catamarca).

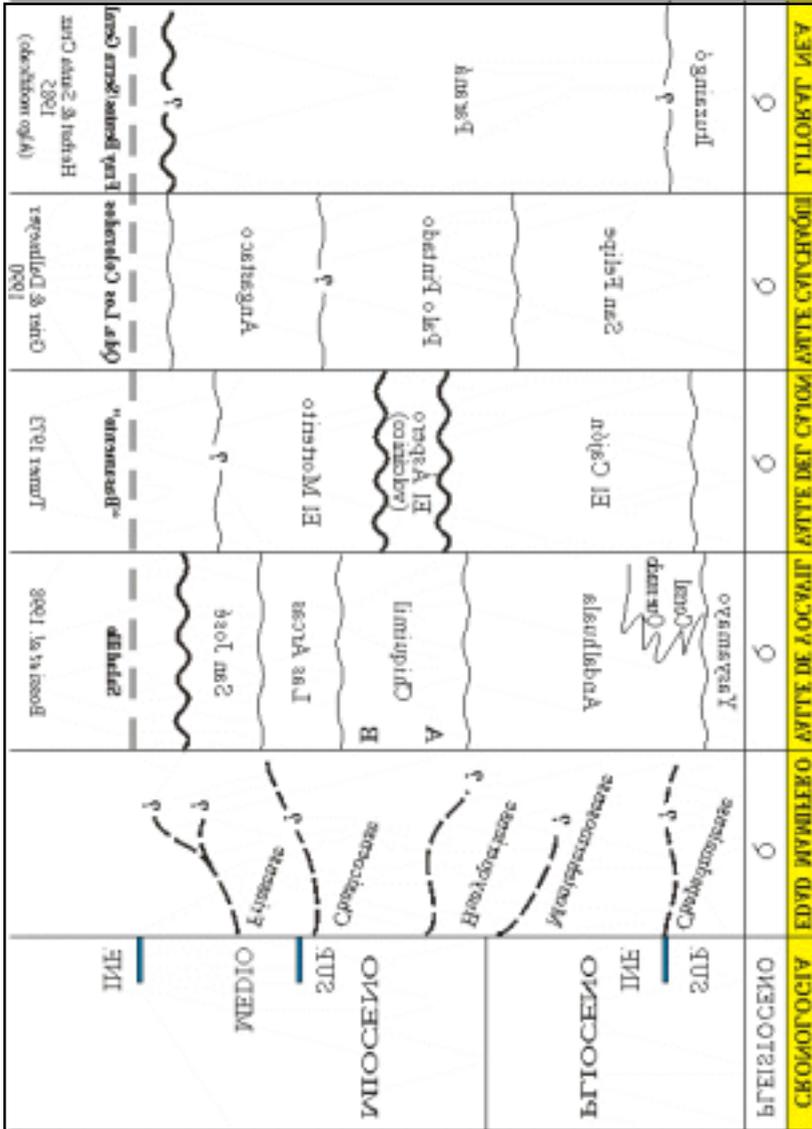


Схема 1: Estudios de correlación estratigráfica entre el noroeste y el noreste argentino

Cuadro 2: Distribución de los palinomorfos, con indicación de su más probable afinidad o parentesco botánico. Las fuentes de este listado corresponden a los números : 01, 02, 03, 09, 23, 45, 46, 47,48 y 49 de la bibliografía.

AREA		Valle Santa María	Valle Calchaquí		
HORIZONTE		<i>Formación Chiquimil</i>	<i>Formación Palo Pintado</i>		
		Catamarca	Salta		
		Localidades			
Taxón	Afinidad botánica	Vallecito	Nacimientos	Qda. de Jujuil	Qdas. del Estanque y de Alfredo
ALGAS					
<i>Pediastrum simplex</i> (Meten) Lemmerman	Clorococales			X	
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Meneghini	“			X	
<i>Botryococcus braunii</i> Kutzing	“	X	X	X	
<i>Spirogyra</i> sp.	Zignematales			X	
<i>Cymathiosphaera</i> sp.	“			X	
Espora tipo 1	“			X	
Espora tipo 2	“			X	
Espora tipo 3	“			X	
Espora tipo 4	“			X	
Espora tipo 5	“	X			
Espora tipo 6	“	X			
Espora tipo 7	“	X			
Espora tipo 8	“	X			
BRYOPHYTA					
<i>Stereisporites antiquasporites</i> (Wilson y Webster) Dettmann	<i>Sphagnum</i> sp. (Sphagnales)	X			X
<i>Reboulisporites fuegiensis</i> Zamalao y Romero	Rebouliaaceae		X	X	
<i>Reboulisporites</i> sp.1	“				X
<i>Reboulisporites</i> sp.2	“		X		

<i>Ricciaesporites sp.1</i>	<i>Riccia</i>		X		
<i>Ricciaesporites sp.2</i>	"			X	
PTERIDOPHYTA					
<i>Cyathidites minor</i> Couper	<i>Cyathea y Alsophila</i> X (Cyatheaceae)	X			
<i>Cyathidites congoensis</i> Sah	<i>Trichipteris corcovadensis</i> (Cyatheaceae)	X			
<i>Leiotriletes regularis</i> (Pflug & Krutzsch) Archangelsky	<i>Cheilanthes concolor</i> (Pteridaceae)	X		X	X
<i>Leiotriletes</i> sp.		X			
<i>Todisporites minor</i> Couper		X	X		X
<i>Todisporites major</i> Couper		X		X	
<i>Deltoidospora minor</i> (Couper)	<i>Cyathea</i> (Cyatheaceae) X				
<i>Deltoidospora</i> sp.		X			X
<i>Undulatisporites</i> sp.		X			
<i>Biretisporites</i> sp.			X		
<i>Dictyophyllidites mortoni</i> (Jersey) Playford y Dettmann		X		X	X
<i>Dictyophyllidites arcuatus</i> Pocknall y Mildenhall	<i>Cyathea</i> (Cyatheaceae)	X			
<i>Dictyophyllidites chiquimilense</i> Mautino y Anzotegui	<i>Matonia pectinata</i> (Matoniaceae) o <i>Cyathea</i> (<i>Trichipteris</i>) Cyatheaceae	X			
<i>Verrucosisporites subsphaerica</i> Acevedo et al.	<i>Cyathea</i> (Cyatheaceae)				X
<i>Verrucosisporites</i> sp.			X		
<i>Klukisporites</i> sp.		X		X	
<i>Reticulatisporites</i> sp.			X		
<i>Baculatisporites comaumensis</i> (Cookson) Potonié (Hymenophyllaceae)	<i>Osmunda</i> sp. (Osmundaceae) o <i>Hymenophyllum</i> sp.	X			

<i>Osmundacidites ciliatus</i> Sah	<i>Osmunda cinnamomea</i> L. <i>Osmunda regalis</i> L. X				
<i>Rugulatisporites caperatus</i> van Hoeken-Klinkenberg	Lycopodiaceae	X			
<i>Cicatricosisporites</i> sp.	Anemiaceae	X	X		X
<i>Plicatella</i> sp.	<i>Anemia tomentosa</i> (Sav.) Swartz (Anemiaceae)			X	X
<i>Cyathidites</i> cf. <i>C. annulatus</i> Cookson ex Potonié	<i>Lophosoria quadripinnata</i> (Gnel.) C. Chr. (Lophosoriaceae)				X
<i>Polypodiaceosporites tumulatus</i> Partridge	<i>Pteris</i> sp. (Pteridaceae) o <i>Dicksonia</i> sp. (Dicksoniaceae)	X	X	X	
<i>Polypodiaceosporites simplex</i> Sah	Pteridaceae	X	X		
<i>Polypodiaceosporites retirugatus</i> Muller	<i>Pteris</i> sp. (Pteridaceae)		X		
<i>Bicingulispora concentrica</i> Frederiksen et al.	<i>Onychium</i> sp. (Cryptogrammataceae)		X	X	
<i>Muricingulisporis verrucosus</i> Mautino y Anzótegui	<i>Anogramma</i> sp. (Pteridaceae)	X	X	X	X
<i>Verrucingulatisporites</i> sp.		X			
<i>Nijsenosporites</i> sp.	<i>Pityrogramma</i> sp. (Adiantaceae)				X
<i>Gleicheniidites senonicus</i> Ross	<i>Gleichenia</i> (Gleicheniaceae)	X	X	X	X
<i>Gleicheniidites bulbosus</i> Kemp	<i>Gleichenia</i> (Gleicheniaceae)				X
cf. <i>Contignisporites</i> sp.		X			
<i>Laevigatosporites ovatus</i> Wilson y Webster	Incierta	X		X	
<i>Polypodiisporites speciosus</i> (Harris) Khan y Martin		X			
<i>Polypodiisporites radiatus</i>	<i>Microgramma</i> sp.				
Pocknall y Mildenhall	(Polypodiaceae)			X	
<i>Polypodiisporites</i> sp.	<i>Microgramma</i> sp. (Polypodiaceae)			X	

<i>Tuberculatosporites parvus</i> Archangelsky		X			
<i>Tuberculatosporites sp.</i>		X			
<i>Reticuloidosporites tenellis</i> Krutzsch		X			X
GIMNOSPERMAE					
<i>Podocarpidites marwickii</i> Couper	Podocarpaceae	X	X	X	X
<i>Podocarpidites exiguus</i> Harris	“	X			
<i>Podocarpidites microreticuloidata</i> Cookson	“	X	X		
<i>Podocarpidites elegans</i> Romero	“	X			
<i>Podocarpidites ellipticus</i> Cookson	“		X		
<i>Podocarpidites rugulosus</i> Romero	“	X		X	
<i>Equisetosporites notensis</i> (Cookson) Romero	Ephedraceae.	X		X	X
<i>Equisetosporites daricristatus</i> (Shakmundes) Barreda	“	X		X	
<i>Equisetosporites lusaticus</i> (Krutzsch) Barreda	“	X			
<i>Equisetosporites sp.</i>	“	X			
MAGNOLIOPHYTA LILIOPSIDA					
<i>Liliacidites vermiculatus</i> Archangelsky y Zamalao	Arecaceae	X			
<i>Arecipites asymmetricus</i> (Frederiksen) Frederiksen	? “	X			
<i>Arecipites minustiscabratus</i> Mc Intyre	“	X			
<i>Arecipites sp.</i>		X			
<i>Psilamonocolpites grandis</i> van der Hammen	“	X			

<i>Cyperaceapollis neogenicus</i> Kruttsch	Cyperaceae	X	X		X
<i>Graminidites media</i> (Cookson) Potonie	Poaceae	X			
<i>Graminidites</i> sp.1	“	X	X		X
<i>Sparganiaceapollenites delicata</i> Mautino y Anzótegui <i>Sparganiaceapollenites</i> sp.	Typhaceae o Sparganiaceae “	X X	X		
MAGNOLIOPSIDA					
<i>Smilacipites aquaticus</i>					
Anzótegui y Cuadrado	Hydrocharitaceae			X	
<i>Tricolpites reticulatus</i> Cookson	Gunneraceae	X	X		
<i>Tricolpites</i> sp.		X			
<i>Psilatricolpites membranus</i> (Couper) Mautino y Anzótegui		X			
<i>Perfotricolpites</i> sp.	? Convolvulaceae	X			
<i>Nothofagidites saraensis</i> Menéndez y Caccavari	<i>Nothofagus</i> tipo “fusca” (Fagaceae) X	X			
<i>Retistephanocolpites</i> <i>microreticulatus</i> Anzótegui y Cuadrado	Rubiaceae			X	
<i>Retistephanocolpites</i> sp.	?Bombacaceae	X			
<i>Triorites orbiculatus</i> McIntyre	Moraceae o Urticaceae	X			
<i>Triorites</i> sp.	Celtidaceae	X			X
<i>Cricotriporites guianensis</i> Leidelmeyer		X			
<i>Haloragacidites</i> <i>trioratus</i> Couper	<i>Haloragis</i> o <i>Myriophyllum</i> (Haloragaceae)	X			
<i>Haloragacidites</i> <i>myriophylloides</i> Cookson y Pike	“	X			
<i>Malvacipollis argentina</i> Zamaloa y Romero	Malvaceae	X	X		

<i>Malvacipollis</i> sp.	“	X	X		
<i>Baumannipollis evae</i> Anzótegui y Cuadrado	“			X	
<i>Echiperiporites parviechinatus</i> Anzótegui y Cuadrado	“	X			X
<i>Echiperiporites</i> sp.	“	X			
<i>Corsinipollenites exinitenus</i> Anzótegui y Cuadrado	Onagraceae			X	
<i>Alnipollenites verus</i> Potonié ex Potonié	<i>Alnus</i> (Betulaceae)	X			
<i>Chenopodiipollis chenopodiaceoides</i> (Martin) Truswell	Complejo Amaranthaceae- Chenopodiaceae	X	X		
<i>Chenopodiipollis multicavus</i> Anzótegui y Cuadrado	“	X	X		X
<i>Periporopollenites miocenicus</i> Anzótegui y Cuadrado	“			X	
<i>Periporopollenites vesicus</i> Partridge	Tipo <i>Amaranthus</i> , subtipo <i>Chamissoa acuminata</i> Mart. Amaranthaceae	X			
<i>Periporopollenites</i> sp 1	“			X	
<i>Periporopollenites</i> sp 2	“			X	
<i>Gomphrenipollis pintadensis</i> Anzótegui y Cuadrado	Amaranthaceae			X	
<i>Gomphrenipollis</i> sp.	Tipo <i>Gomphrena</i> , subtipo <i>Gomphrena perennis</i> L. (Amaranthaceae).	X			
<i>Psilaperiporites</i> cf. <i>Psilaperiporites minimus</i> Regali, Uesugui y Santos	Chenopodiaceae	X	X		
<i>Parsonsidites multiporus</i> Mildenhall y Crosbie	Apocynaceae	X			
<i>Orapollis</i> sp.	Tipo <i>Polygonum persicaria</i> (Polygonaceae)	X			

<i>Areolipollis</i> sp.	Acanthaceae	X			
<i>Multimarginites paluster</i> Anzótegui y Cuadrado	“			X	
<i>Rhoipites baculatus</i> (Archangelsky) Mautino y Anzótegui		X	X		
<i>Rhoipites alveolatus</i> (Pocknall y Crosbie) Mautino y Anzótegui	<i>Euphorbia</i> L. (Euphorbiaceae)	X			
<i>Rhoipites exiguus</i> Pocknall		X			
<i>Rhoipites cienaguensis</i> (Dueñas) Barreda		X			
<i>Rhoipites karamuensis</i> Pocknall		X			
<i>Rhoipites santafesii</i> Anzótegui y Garralla		X			
<i>Rhoipites fragilis</i> Mildenhall y Pocknall		X			
<i>Rhoipites paranaensis</i> Anzótegui y Garralla		X			
<i>Rhoipites</i> sp. 1		X			
<i>Rhoipites</i> sp. 3 en Barreda		X			
<i>Palaeocoprosma</i> <i>zelandiae</i> Pocknall	<i>Coprosma</i> (Rubiaceae) X				
<i>Striatricolporites gameroi</i> Archangelsky	Anacardiaceae	X	X		X
<i>Illexpollenites</i> sp.	Aquifoliaceae			X	
<i>Margocolporites</i> sp.	Bignoniaceae o Fabaceae		X		X
<i>Bombacacidites nanobrochatus</i> Frederiksen	Bombacaceae	X			
<i>Bombacacidites</i> sp.	“	X			
<i>Myrtipites</i> sp. 1	Myrtaceae	X			
<i>Myrtipites</i> sp. 2	“			X	
<i>Myrtaceidites</i> sp. 1	“	X		X	

<i>Myrtacidites</i> sp. 2	“	X			
<i>Syncolporites</i> sp.	“			X	
<i>Psilatricolporites cyamus</i> Hammen y Wijmstra	Clusiaceae	X			
<i>Tubulifloridites spinosus</i> (van der Hammen ex Germeraad) Mautino y Anzótegui	Asteraceae	X			
<i>Tubulifloridites minutus</i> (Regali, Uesugui y Santos) Mautino y Anzótegui	“	X			
<i>Tubulifloridites antipodica</i> Cookson ex Potonié	“	X			
<i>Tubulifloridites</i> sp.1	“	X			X
<i>Tubulifloridites</i> sp.2	“	X			X
<i>Tubulifloridites</i> sp.3	“	X			
<i>Tubulifloridites</i> sp 4	“	X			
<i>Tubulifloridites</i> sp.5	“	X			
<i>Tubulifloridites</i> sp.6	“	X			
<i>Tetracolporopollenites megadolium</i> (Potonié) Frederiksen	Sapotaceae	X			
<i>Tetracolporopollenites pouteriae</i> Anzótegui y Cuadrado	“	X		X	
<i>Tetracolporopollenites marginati</i> Anzótegui y Cuadrado	“			X	
<i>Polycolporopollenites esobalteus</i> (McIntyre) Pocknall y Mildenhall	Tipo <i>Monina cuneata</i> (Polygalaceae)	X			
<i>Polycolporopollenites</i> sp.	Polygalaceae	X			X
<i>Polycolpites</i> sp	“	X			
<i>Polliadopollenites</i> sp.	Fabaceae			X	

Área	Valle Santa María		Valle El Cajón	Valle Calchaquí
Horizonte	Formación San José	Formación Chiquimil	Formación El Morterito	Formación Palo Pintado
Localidad	Catamarca y Tucumán		Catamarca	
Taxon	Río Caspinchango Localidad 1	Río Caspinchango Localidad 2	Tiopunco	Pampa Grande Localidad 3
	Km107- Ruta 307	Km104- Ruta 307	Rio Salinas	Los Poronguillos
CAROPHYTA (girononites)	X	X	Villavil	Santa Rosa
	X	X	Lomas Amarillas	Quebrada del Estanque
Chara? nov. sp.	X	X	Los Nacimientos	Quebrada del Horno
Chara strobilocarpa Reid y Groves	X	X	Vallecito	Quebrada de Alfredo
Crofitella escheri Horn Af Rantzien	X	X	Río La Quenquiada	X
HOJAS	X	X	Morro Las Brujas	X
PTERIDOPHYTA	X	X	Los Zazos	X
Salvinia cfr. minima Baker	X	X	Rio Caspinchango Localidad 2	X
Salvinia graui Herbst y Anzotegui	X	X	Km107- Ruta 307	X
Acrostidium sp.	X	X	Río La Quenquiada	X
Blechnum sp.	X	X	Río Caspinchango Localidad 1	X

Especies: Bivalvos	Hábitat	Autores
<i>Neorbicula stelzneri</i> (Parodiz) Morton <i>Neorbicula santamariana</i> Morton <i>? Neorbicula fortis</i> (Prime) <i>Neorbicula</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> ● Género exclusivamente neotropical. Aguas dulces a aguas con cierta salinidad. En ríos del sistema del Plata (Paraná, Uruguay) en zonas de rápidos, prefiere ambientes lóticos. 	Olazarri, 1980; Frenguelli, 1937, ; Parodiz y Hennings, 1965; Ituarte, 1984, 1994.
<i>Diplodon calchaquensis</i> Morton <i>Diplodon saltensis</i> Morton <i>? Diplodon</i> sp. <i>Diplodon</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> ● Género extensamente distribuido en América del Sur, en los Ríos del Amazonas y del sistema del Río de La Plata, viven en bordes de cuencas, en arroyos, lagunas, en zonas donde los Mutelacea no pueden vivir. 	Pilsbry, 1911; Bonetto, 1964; Castellanos, 1960
<i>Anodontites santarosae</i> Morton <i>Anodontites</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> ● Género dulceacuícola, desde el Amazonas al río de la Plata, en ambientes lóticos, de escasa corriente. Zona patagónica y afluentes del Pilcomayo y Bermejo en el NOE. 	Bonetto, 1967.
Gastrópodos		
<i>Doryssa</i> aff. <i>D. biblianus</i> (Marshall y Bowles)	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Doryssa</i> es frecuente en aguas dulces hasta aguas con cierta salinidad. 	Bristow, C.R. y J.I. Parodiz, 1982; Parodiz, 1969
<i>Littoridina</i> aff. <i>L. parchappi</i> (d'Orbigny) <i>Littoridina</i> sp. <i>Littoridina zabertiana</i> Morton	<ul style="list-style-type: none"> ● Este género prefiere esteros y arroyos de caudal reducido y corriente rápida, limpia, bien oxigenada con fondos limo-arcillosos, pocas viven en pozos o vertientes donde apenas sale un chorro de agua; pocas especies en aguas salobres y estuarios. Jamás en agua estancada o en zonas de fuerte corriente. 	Biese, 1944; Castellanos, 1967; Weyrauch, 1963. Alonzo y Wayne, 1992. Pilsbry, 1911.
<i>Potamolithus parodizi</i> Morton <i>Potamolithus</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> ● Este género vive sobre fondos rocosos y rápidos, cerca de tributarios. Actualmente, río Paraná, Uruguay. No se conocen especies de agua salobre. 	Pilsbry, 1911. Parodiz, 1965.
<i>Potamolithoides tucumanensis</i> Morton	<ul style="list-style-type: none"> ● Género fósil, de la localidad de Biblian, Ecuador. Es un género de agua dulce y es comparable con <i>Potamolithus</i> 	Marshall y Bowles, 1932.
<i>Lyrodes</i> cf. <i>L. lacinarus</i> (Pilsbry)	<ul style="list-style-type: none"> ● Habita lagunas ribereñas del río Guayquiraró, Riachuelo, provincia de Corrientes; Arroyo La Cachoeira, Misiones y Laguna Guadalupe, Santa Fe. 	Doering, 1884; Parodiz, 1960; Hylton Scott, 1970.
<i>Bulimulus</i> sp. <i>Bulimulus</i> aff. <i>B. apodemetes</i> (d'Orbigny) <i>Bulimulus</i> aff. <i>B. jujuyensis</i> Holmberg	<ul style="list-style-type: none"> ● Género de origen sudamericano. Prospera mejor en zonas húmedas, recorridas por grandes ríos, con vegetación de monte, parque y galerías. Se lo encuentra en la prepuna, Sierras Subandinas y Pampásicas (500 y 1500m 	Parodiz, 1946; Pilsbry, 1911; Miquel, 1991. Hylton Scott, 1951. Parodiz, 1946b.

	de altura), y también en la Mesopotamia.	Hylton Scott, 1945; Parodiz, 1946b.
<i>Chilina totoralensis</i> Morton <i>Chilina</i> aff. <i>C. parchappi</i> (d'Orbigny)	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Chilina</i> es uno de los géneros más antiguos y propios de la región neotropical, sudamericano: Perú, Brasil, Chile, Argentina y Uruguay. Zonas templadas-templado-frías; pocos en zonas áridas, se adaptan a biotopos salitrosos. 	Castellanos y Gaillard, 1981. Camacho, 1966. Parodiz, 1982
<i>Biomphalaria</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pulmonado dulceacuícola, viven en ríos de poco caudal, pequeñas lagunas. 	Ferreira, 1974; Lobato Paranaense, 1975.
? <i>Pupoides</i> sp.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pulmonados, vive bajo piedras. Zona NOA (Tilcara, Jujuy y La Rioja). ● Llanuras de inundación. 	Hylton Scott, 1970; Parodiz, 1957. Leonard y Frye, (1975)

Cuadro 5: Información ambiental de la mayoría de los invertebrados citados en el Cuadro 4.

AREA	Valle Santa María Tucumán y Catamarca		Valle El Cajón Catamarca	Valle de Hualfin-Belén Catamarca		
FORMACIÓN	Las Arcas		Chiquimil	El Morterito	Chiquimil	
					Miembro El Jarillal	Miembro Los Baños
Taxón \ Localidad	Entre Ríos	Tiopunco	Entre Ríos	El Molle Grande	Villavil	
Notoungulata						
<i>Toxodontotherium</i> sp.						X
cf. <i>Xotodon</i> sp.					X	
<i>Tyotheriopsis</i> sp.					X	
<i>Pseudohegetotherium</i> sp.						X
<i>Trenacyllus impressus</i>				X		
<i>aedotherium</i> sp.					X	
Litopterna						
<i>Diadiaphorus</i> sp.					X	
Xenarthra						
<i>Neophractus marta</i>				X		
<i>Vetelia</i> sp.					X	
<i>Vetelia ghandii</i>				X		
<i>Chasicotatus</i> sp.	X				X	
<i>Chasicotatus peiranoi</i>				X		
<i>Chasicotatus powelli</i>						X

<i>Paleuphractus</i> sp.					X	
<i>Parauphractus</i> sp.					X	
<i>Vassallia</i> sp.					X	
<i>Vassallia maxima</i>					X	
<i>Chorobates</i> sp.					X	
<i>Macrochorobates</i> sp.		X			X	
<i>Eosclerocalyptus planus</i>					X	
<i>Stromaphorus</i> sp.	X				X	
? <i>Parahopliphorus</i> sp.	X					
<i>Proscelidodon</i> sp.					X	
Rodentia						
<i>Orthomyctera</i> sp.				X	X	
<i>Orthomyctera andina</i>					X	
<i>Cardiomys</i> sp.	X				X	
<i>Tetrastylus</i> sp.			X	X	X	
<i>Tetrastylus</i> cf. <i>T. laevigatus</i>					X	
<i>Tetrastylus intermedius</i>					X	
cf. <i>Gyriabrus</i> sp.					X	
<i>Potamarchus</i> sp.					X	
<i>Neophanomys biplicatus</i>					X	
cf. <i>Pseudoplateomys</i> sp.					X	
cf. <i>Phthoramys</i> sp.					X	
<i>Protabrocoma</i> sp.					X	
<i>Lagostomopsis</i> sp.					X	

Cuadro 6: Listado de los mamíferos fósiles. Se han excluido las aves, reptiles y peces, ya que solo están clasificados a nivel ordinal y en algún caso, familiar. Las fuentes, 27, 43, 57, 58, 66, 67 y 68, corresponden a los números de la bibliografía.

TAXONES	Valle de Santa María (varias localidades) Fn. San José	FUENTE
Foraminíferos :		
- <i>Ammonia parkinsoniana</i>	X	Bertels y Zabert, 1980
- <i>Streblus compactus</i>	X	Bertels y Zabert, 1980
- <i>Nonion demens</i> forma <i>santamariana</i>	X	Zabert, 1982
- <i>Protelphidium tuberculatum</i>	X	Vergani et al., 1991
- <i>Buccella frigida</i>	X	“ “
- <i>Trochammina</i> sp.	X	“ “
“ <i>Nonioniella</i> ” sp.	X	“ “
Ostrácodos :		
- <i>Cyprideis herbsti</i>	X	Bertels y Zabert, 1980
- <i>Cyamocytheridea</i> sp.	X	Vergani et al., 1991
- <i>Darwinula</i> sp.	X	“ “
- <i>Perissocytheridea</i> sp.	X	“ “

Cuadro 7. Distribución de los foraminíferos y ostrácodos, exclusivos de la Formación San José. Las citas de Vergani *et al.* (1991), son inéditas.

Bibliografía

- Acevedo, L.T. y Anzótegui, L.M., 1998. El rol de *Pediastrum* en la Formación Palo Pintado (Mioceno superior), Salta, Argentina. *7º Congreso Argentino Paleontología y Biostratigrafía*, Resumen : 13 (Bahía Blanca)
- Acevedo, L.T., Anzótegui, L.M. y Mautino, L.R., 1998. Análisis palinológico preliminar de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior) en Quebrada del Estanque, Salta, Argentina. *Comunicaciones Científicas y Técnicas*, Univ. Nac. del Nordeste. Resumen expandido : 6/143 - 6/146. (Resistencia)
- Acevedo, L.T., Mautino, L.R., Anzótegui, L.M. y Cuadrado, G.A., 1997. Estudio palinológico de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior), provincia de Salta, Argentina. Parte II : Esporas. *Geociencias II* (número especial) : 112-120 (Sao Paulo)
- Alonso, R.N. y Wayne, W.J. 1992. Hallazgo de gastrópodos en la Formación Sijes (Mioceno superior), Salta, República Argentina. *Estudios Geológicos* 48 : 179-186
- Anzótegui, L.M., 1992. Una flora del Mioceno superior (Formación palo Pintado) del noroeste Argentino. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 2* : 7-10
- Anzótegui, L.M., 1997. Análisis preliminar de la paleoflora de la Formación San José (Neógeno) del valle de Santa María (Tucumán) Argentina. 9º Reunión Paleobotánicos y Palinólogos. *Geociencias II* (número especial) Resumen : 238. (Guarulhos, Brasil)
- Anzótegui, L.M., 1998. Hojas de angiospermas de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Salta, Argentina. Parte I : Anacardiaceae, Lauraceae y Moraceae. *Ameghiniana* 35 : 25-32
- Anzótegui, L.M. y Cristalli, P., (en prensa). Hojas de Malvaceae en el Neógeno de Argentina y Brasil. *Ameghiniana*.
- Anzótegui, L.M. y Cuadrado, G.A., 1996. Palinología de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, provincia de Salta, República Argentina. Parte I : taxones nuevos. *Revista Española Micropaleontología* 28 (3) : 77-92
- Anzótegui, L.M. y Herbst, R., 1999. La paleoflora de los Valles Calchaquíes (Formaciones San José y Chiquimil). *Reunión Comunicaciones Asociación Paleontológica Argentina*, Resumen: Tucumán.
- Bertels, A. y Zabert, L.L., 1980. Microfauna del Grupo Santa María (Terciario Superior) en las provincias de Catamarca y Tucumán, República Argentina. *2º Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y 1º Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Actas 3 : 67-73
- Biese, W.A. 1944. Revisión de los moluscos terrestres y de agua dulce provistos de concha, de Chile. *Boletín Museo Nacional Historia Natural de Chile* 1 (22) : 169-190. Santiago

- Bonetto, A.A., 1964. Las especies del género *Diplodon* (Mollusca, Unioniaceae) en los ríos de la pendiente atlántica del sur de Brasil. *Physis* 24 (68) :323-328
- Bonetto, A.A., 1967. El género *Anodontites* Bruguière (Mollusca, Pelecipoda) en el sistema hidrográfico de la plata. *Physis* 26 : 459-467
- Bossi, G. E., Gavriloff, I. y Esteban, G., 1998. Terciario. Estratigrafía, bioestratigrafía y paleogeografía. En: *Geología de Tucumán* (Eds. Gianfrancisco, M., Puchulu, M., Durango de Cabrera, J. y Aceñolaza, G.F.) Colegio de Graduados Ciencias Geológicas de Tucumán, 2da Edición : 87-110
- Bristow, C.R. y Parodiz, J.L., 1982. The stratigraphical paleontology of the Tertiary non marine sediments of Ecuador. *Bulletin Carnegie Museum Natural History* 19 : 1-53
- Camacho de Alcalde, M. 1975. Aporte al conocimiento de la fauna de moluscos, en el Terciario del Valle Calchaquí, provincia de Salta. *Revista Instituto Geología y Minería de Jujuy*: 1 : 65-75
- Camacho, H.H., 1966. Invertebrados. En : Borrello, A. V., (Ed), *Paleontografía Bonaerense*, Fasc. III. Comisión Investigaciones Científicas Provincia de Buenos Aires : 1-159
- Castellanos, Z.A. de, 1960. Almejas nacaríferas de la República Argentina. Género *Diplodon*. *Secretaría Agricultura, Publicación Miscelánea* 421 : 1-40
- Castellanos, Z.A. de, 1961. Las especies del género *Diplodon* en la Argentina. *1º Congreso Sudamericano Zoología, Actas* 2 (3) : 85-94 (La plata)
- Castellanos, Z.A. de, y Gaillard, M.C. 1981. Mollusca-Gastropoda : Chiliniidae. *Revista Fauna de Agua Dulce de la República Argentina*, XIV, Fascículo 4 : 23-44
- Cione, A.L., Vergani, G., Starck, D. y Herbst, R. 1995. Los peces de la Quebrada de La Yesera, provincia de Salta, Argentina. Su valor como indicadores ambientales y su antigüedad. *Ameghiniana* 32 : 129 - 140 (Buenos Aires).
- Cuadrado, G.A. y Anzótegui, L.M., 1992. Resultados preliminares del análisis palinológico de la Formación Palo Pintado, Mioceno de Salta, Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial* 2 : 51-53
- De Faveri, S. 1978. *Geología, estratigrafía y paleontología de la Formación San José (Grupo Santa María), provincias de Salta, Tucumán y Catamarca*. Seminario UNT, (inédito), p. 1-33 (Tucumán).
- Diaz, I.J., 1987. *Estratigrafía y sedimentología del Terciario superior de la región comprendida por los valles de los ríos Calchaquí y Guachipas (Provincia de Salta)*. Facultad de Ciencias Naturales, Univ. Nac. de Tucumán, Tesis doctoral (inédita) pp.
- Diaz, I.J. y Malizia, D. C., 1983. Estudio geológico y sedimentológico del Terciario superior del Valle Calchaquí (Depto. San Carlos, provincia de Salta). *Boletín Sedimentológico* 2 (1) : 8-21
- Esteban, G. y Nasif, N. 1999. Mamíferos fósiles de la Formación Chiquimil (Mioceno tardío), provincia de Catamarca, Argentina. *Bioestratigrafía. Ameghiniana* 36 (Suplemento): 11R
- Ferreira, C.S., 1974. Gastrópodos pulmonados de agua doce da Formação Tremembé. *Academia Brasileira Ciências, Annales* 45 (3-4) : 663-666
- Frenguelli, J. 1937. Investigaciones geológicas en la zona salteña del valle de Santa María. *Obra del Cincuentenario Museo La Plata* 2 : 215-572
- García, A. y Herbst, R., 1997. Charophyta del Mioceno superior de los valles de Santa María y de El Cajón, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 34 : 61-68
- Gavriloff, I., Bossi, G., Esteban, G., Nasif, N. y Musalem, S. 1998. El problema estratigráfico de la «Edad» Mamífero Huayqueriense en la Cuenca Santa María-Hualfin (Catamarca, Tucumán, Salta). *6º Congreso Argentino Paleontología y Bioestratigrafía*, Resumen : 128 (Bahía Blanca).
- Herbst, N., 1984. *Estratigrafía y geología del sector de Ampajango y alrededores, valle de Santa María, provincia de Catamarca*. Facultad Ciencias Naturales, Univ. Nac. de Tucumán, Seminario (inédito) pp.
- Herbst, R., Anzótegui, L.M. y Jalfin, G.A., 1987. Estratigrafía, paleoambientes y dos especies de *Salvinia* Adanson (Filicopsida) del Mioceno superior de Salta, Argentina. *Facena* 7 : 15-42
- Hylton Scott, M. I., 1945. Faunula malacológica de Tilcara. *Revista Museo La Plata* 4 (28) : 195-211
- Hylton Scott, M. I., 1951. Nuevos moluscos terrestres del Norte Argentino. *Acta Zoológica Lilloana* 10 : 4-29
- Hylton Scott, M. I., 1970 El género *Pupoides* en Argentina (Pulomonata, Stylommatophora, Pupillidae). *Neotrópica* 16 (50) : 89-90
- Ituarte, C.F., 1984. Aspectos biológicos de *Corbicula largillieri* Philippi (Mollusca, Pelecipoda) en el Río de la Plata. *Revista Museo La Plata*, Zoología 13 (143) : 231-247
- Ituarte, C.F., 1994. *Corbicula* y *Neocorbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) in the Paraná, Uruguay and Río de La Plata basins. *The Nautilus* 107 (4) : 12-135
- Kadolsky, D., 1980. On the taxonomic position, the species and the paleoecological significance of the genera *Eubora*, *Toxosoma* and *Littoridina* (?) in the Pliocene Pebas Formation of the Upper Amazon Region. *The Veliger* 22 (4) : 364-375
- Leonard, B.A. y Frye, J. 1975. Pliocene and Pleistocene deposits and molluscan faunas, East-central New Mexico. *Bureau of Mines and Mineral Resources, New Mexico Institute of Mines and Technology*: 1-44
- Lobato Paraense, W., 1975. Estado atual da sistemática dos Planorbídeos Brasileiros. *Arquivo Museo Nacional (Rio de Janeiro)* 55: 105-128
- Lutz, A.L., 1987. Estudio anatómico de maderas terciarias del Valle de Santa María (Catamarca-Tucumán) Argentina. *Facena* 7 : 125-143

- Marshall, L y Patterson, B. 1981. Geology and geochronology of the mammal-bearing Tertiary of the Valle de Santa María and Río Corral Quemado, Catamarca Province, Argentina. *Fieldiana Geology*, new series, 9 : 1-80 (Chicago)
- Marshall, W.B. y Bowles, E. O., 1932. New fossil freshwater mollusks from Ecuador. *Proceedings U.S. National Museum* 82 (5) : 1-7
- Mautino, L.R. y Anzótegui, L.M., 1998. Palinología de la Formación Chiquimil (Mioceno superior), localidad Vallecito, provincia de Catamarca. Parte I : esporas, especies nuevas. *Ameghiniana* 35 : 227-233
- Mautino, L.R. y Anzótegui, L.M., 1999. Esporas del Mioceno y retrabajadas del Mesozoico en la Formación Chiquimil, Vallecito, provincia de Catamarca. *Ameghiniana*...
- Mautino, L.R., y Anzótegui, L.M., 2000a. Palinología de la Formación Chiquimil (Mioceno superior), Vallecito, provincia de Catamarca. Parte II : polen. *Ameghiniana*...
- Mautino, L.R. y Anzótegui, L.M., 2000b. Palinología de la Formación Chiquimil (Mioceno superior), Vallecito, provincia de Catamarca. Parte III : polen. *Ameghiniana*...
- Mautino, L.R., Anzótegui, L.M. y Herbst, R., 1997. Análisis palinológico de la localidad Nacimientos de Abajo, Neógeno en la Sierra de Hualfín, Departamento Belén, Catamarca, Argentina. *Geociencias* 2 (número especial) : 121-127
- Miquel, S. E., 1991. El género *Bulimulus* Leach, 1814, (Mollusca, Gastropoda, Stylommatophora) en la República Argentina. *Studies Neotropical Fauna & Environment* 26 (2) : 93-112
- Morrison, J.P.E. 1954. The relationships of old and new world melanians. *Proceedings United States National Museum* 103: 357-394
- Morton, L.S., 1982-84. Corbiculidae (Pelecypoda) de la Formación San José (Mioceno Superior) del Valle de Santa María. *Facena* 5 : 41-55
- Morton, L.S., 1986. Gastropodos de las Formaciones San José y Chiquimil (Mioceno tardío) Catamarca y Tucumán, Argentina., *Ameghiniana* 23 : 203-211
- Morton, L.S., 1992. Bivalvos de agua dulce de la Formación Palo Pintado (Mioceno Tardío) del Valle Calchaquí, provincia de Salta, Argentina. *Facena* 9: 77-91
- Morton, L.S., 1998. El género *Chilina* Gray, 1828, (Gastropoda, Basommatophora) en el Neógeno del Valle del Cajón, Catamarca, Argentina. *Revista Universidad Guarulhos, Geociencias* 3 (6) : 45-48
- Morton, L.S. y Herbst, R., (en prensa). Gastropodos (Bulimulidae) de la Formación Chiquimil (Mioceno) de Villavil, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana*
- Nasif, N. y Esteban, G., 1999. Nuevo registro de *Neophanomyis biplicatus* (Octodontidae, Caviomorpha) en el Terciario tardía del Noroeste argentino. *Reunión Comunicaciones Científicas, Asociación Paleontológica Argentina*: 19 (Tucumán)
- Nasif, N., Esteban, G., Musalem, S. y Herbst, R., 1997. Primer registro de vertebrados fósiles para la Formación Las Arcas (Mioceno tardío), valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 34 : 538
- Parodiz, J.J., 1946 a. Bulimulidae fósiles de la Argentina. *Notas Museo La Plata* 11 (92) : 300-309
- Parodiz, J.J., 1946 b. Los géneros de los Bulimulinae Argentinos. *Revista Museo La Plata* 4 (30) : 21-371
- Parodiz, J.J., 1960. Neotype of *Lyrodes guaranítica* Doering and description of a new species. *Nautilus* 74 : 24-26
- Parodiz, J.J. 1965. The hydrobid snails of the genus *Pothamolithus* (Mesogastropoda-Rissoacea). *Sterkiana* 20 : 1-38
- Parodiz, J.J. y Hennings, L. 1965. The *Neocorbicula* of the Paraná-Uruguay Basin, South America. *Annals Carnegie Museum* 38: 69-96
- Pilsbry, H.A., 1911. Non marine mollusca of Patagonia. *Princeton Expeditions to Patagonia 1896-1899*, Reports 3 (2, V): 513-633
- Powell, J., Mulé, P., Duarte, R., Ortiz, P., Sanagua, J. y Muruaga, C. 1998. Mamíferos de la Formación Chiquimil (Mioceno superior) de la vertiente occidental de la Sierra de Hualfín, provincia de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana* 18 (1) : 178
- Riggs, E. y Patterson, B., 1939. Stratigraphy of Late Miocene and Pliocene deposits of the province of Catamarca (Argentina). *Physis* 14 : 143-162
- Roger, C. y Esteban, G. 2000. Nuevo registro de *Stromaphorus* (Xenarthra, Glyptodontidae) en el Mioceno tardía de la provincia de Catamarca. *14 Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*, Resúmenes : 54 (San Luis)
- Vergani, G., Decastelli, O., Moroni, A.M. y Chaia, A. 1991. *Análisis estratigráfico y olegénico del Mioceno del Valle de Santa María, provincias Salta, Tucumán y Catamarca*. YPF, informe inédito, 27 pp.
- Veitenheimer-Mendez, I. y Olazarri, J. 1983. Primeros registros de *Corbicula* Megerle, 1811 (Bivalvia, Corbiculidae) para el río Uruguay. *Boletín Sociedad Zoológica del Uruguay* 1 : 50-53
- Weyrauch, W.K., 1963. Cuatro nuevas especies de Hydrobiidae de Argentina y Perú. *Acta Zoológica Lilloana* 19 : 243-259
- Weyrauch, W.K., 1964. Nuevos gastrópodos terrestres y nuevos sinónimos de Sudamérica. *Acta Zoológica Lilloana* 20 : 33-61
- Zabert, L.L., 1982. *Nonion demens* (Bik) foraminífero bentónico en el Mioceno del Valle de Santa María (Tucumán) y Selva (Santiago del Estero), Argentina. *3º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas* 183-196 (Corrientes).

Instrucciones a los Autores

El Instituto Superior de Geología (INSUGEO) publica como revista periódica la serie "Correlación Geológica". Para esta publicación se consideran artículos científicos originales (entendiéndose que no hayan sido publicados previamente ni sometidos simultáneamente a otras publicaciones), que versen sobre todas las especialidades en temas geológicos y paleontológicos. De preferencia cada volumen comprenderá trabajos unificados en una misma temática o tema seleccionado. Los artículos podrán ser Notas (extensión del orden de 6 páginas incluidas las ilustraciones) y Artículos (extensión del orden de 25 páginas). En algunos casos, con la autorización del Comité Editorial, podrán publicarse Monografías de mayor extensión.

El estricto cumplimiento de las presentes instrucciones acelerará el proceso editorial.

Toda la correspondencia relacionada a Correlación Geológica será enviada al Director o Comité Editorial a :

Miguel Lillo 205 - 4000 S.M. de TUCUMAN - ARGENTINA ; e-mail : insugeo@unt.edu.ar

Manuscritos

- Se enviarán tres copias incluyendo las ilustraciones (fotocopias láser para láminas o figuras fotográficas y comunes para dibujos lineales), más un diskette con la versión del texto. Se agregará un juego de copias de las ilustraciones reducidas al tamaño final de la publicación (caja).
- La versión final del manuscrito, una vez concluidas las tareas del arbitraje, será enviada en una copia en papel y un diskette (preferentemente en Word).
- El texto será presentado a doble espacio, con márgenes amplios a la derecha, con hojas numeradas correlativamente, e identificadas con el nombre del autor(es) en el ángulo superior derecho.
- El texto será publicado en letra tamaño 10 mientras que el Resumen (Abstract), los Agradecimientos y la Bibliografía lo serán en tamaño 8.
- Se aceptan solamente trabajos en idioma castellano, portugués e inglés.

Organización

La organización del texto responderá al siguiente esquema :

- el título , corto e informativo, escrito en **negrita**, mayúsculas y minúsculas, sin punto final (letra tamaño 16). Si se incluyen taxones genéricos, deberá agregarse por lo menos una categoría taxonómica superior, adecuadamente informativa.
- nombre del (los) autor(es) (nombres en mayúsculas y minúsculas y apellido(s) en mayúsculas).
- dirección postal y organismo al que pertenecen, incluido el correo electrónico.
- propuesta del cabezal.
- nombre del autor al que debe dirigirse la correspondencia.
- el **Resumen**, en castellano para los trabajos en inglés o portugués y en inglés para aquellos en castellano. No deberá exceder las 250 palabras y deberá ser suficientemente informativo con las conclusiones del trabajo, sin referencias bibliográficas.
- las "palabras clave" y los "key words" (no más de ocho), separadas por puntos.
- El texto del trabajo que se organizará con subtítulos de solamente dos niveles, en **negrita**.

Los principales (Ejemplos : **Introducción, Métodos, Perfiles, Análisis, Descripción Sistemática, Discusión, Conclusiones**, entre otros), cuyo texto sigue en el renglón siguiente y los subsidiarios (Ejemplos : **localidad, holotipo, perfil, descripción, material estudiado**, entre otros) cuyo texto sigue en el mismo renglón mediante punto.

- Las descripciones sistemáticas y geológicas deberán ajustarse en un todo a las normas de los respectivos Códigos vigentes (Código de Nomenclatura Botánica/Zoológica, Código de Estratigrafía, etc.).
- De preferencia no se incluirán notas a pie de página, salvo que sean imprescindibles.
- La cita de autores en el texto podrá ser directa o indirecta y se referirá a lista bibliográfica final. Si se citan varios autores, éstos se ordenarán cronológicamente, separados por punto y coma. La cita de figuras será correlativa, indicándose como Figura xx. Las palabras en latín u otros idiomas diferentes al del texto, irán en *italica(bastardilla)*.

Bibliografía

La lista de Referencias se confeccionará tomando en cuenta los siguientes ejemplos (libros, artículos, Tesis...).

Perez, J.L. 1976. Estudio geológico y paleontológico de Barra Brava, provincia de Tucumán, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 24 : 4-8

García, H.G. 1956. Invertebrates and their environments during the Upper Cretaceous in Holland. En : F.Smith, (Ed.), *The Cretaceous in Northern Europe*, Elsevier Publishers, Amsterdam, pp 234-289

López, H.L. y Johnson, J. 1989. El descubrimiento de un nuevo mineral de titanio, en la provincia de Salta. *4º Congreso Latinoamericano de Geología* (Mendoza), *Actas* 2 : 345-369

Michigan, K.L. 1987. Pteridophyta. En : D. Madison y W. Madison (eds.) *Tree of life : an integrated Internet Project*. World Wide Web : <http://www.nmnh>

García H.G., Perez, H.L. y Gonzalez, R.H. 1985. Una fauna de dinosaurios en el Jurásico de Chubut, Argentina. En : H. Parquet (ed.), *Vertebrados Mesozoicos Argentinos, Actas de la Academia Nacional de Ciencias* 57 : 67-123

López, J. y Rodriguez, T.L. 1990. *Clay minerals and their origin*. Blackwell Scientific Publications, London, 390 p.

Malcini, G. y Gregory, J.K. 1991. *[Estudio estratigráfico de las secuencias continentales al sur de la provincia de La Pampa*. Dirección Provincial de Minería, Santa Rosa (La Pampa), 48 p. inédito]

Ilustraciones

El tamaño de caja de Correlación Geológica es de 13 x 20 cm.

Todas las ilustraciones se denominarán figuras. Cuando éstas estén compuestas por más de un elemento individual, ellas serán identificadas con letras mayúsculas de imprenta. La figuras se numerarán correlativamente en el orden en que son citadas en el texto.

Es conveniente presentar las figuras en tamaños cercanos al de su publicación final y en general no proponer reducciones mayores que el 50%, pero en todos los casos en múltiplos (submúltiplos) del tamaño de caja. Las figuras preparadas en computadora se presentarán impresas en buen papel y de preferencia en impresora láser.

Las figuras deberán identificarse con el nombre del autor(es) y título del trabajo; si no fuese obvio, indicar con una flecha la posición en que deben ser colocadas, incluso la propuesta de su ubicación en el texto.

Las fotografías, en lo posible, deberán ser enviadas en una figura en el tamaño final de su publicación; deben tener buen contraste e impresas en papel brillante. Si en una figura se agrupan varias fotografías éstas deberán tonos y contrastes similares; no se aceptarán figuras con mezcla de dibujos y fotografías.

Todas las figuras deberán tener escala gráfica; las flechas u otras indicaciones sobre fotografías y dibujos deberán ser todas del mismo estilo y tamaño

Este libro fue editado por



San Miguel de Tucumán - Diciembre de 2000
Catamarca 285 - Tel.: (0381) 4306689