

Nuevos hallazgos de peces fósiles y paleoambiente sedimentario de la Formación Lagarcito (Cretácico temprano), San Luis, Argentina

David RIVAROLA¹, Laura CODORNIÚ², Luis CHIAPPE³ y Andrea ARCUCCI⁴

Abstract. NEW FISH REMAINS AND SEDIMENTARY PALEOENVIRONMENT OF THE LAGARCITO FORMATION (EARLY CRETACEOUS), SAN LUIS, ARGENTINA. A sedimentological study of the Albian (Early Cretaceous) Lagarcito Formation and the description of new fish fossils from several stratigraphic levels are presented. The recognized facies and the facies association are interpreted as deposited in a shallow perennial lake, and they are subordinately combined with facies representing an ephemeral lake with fluvial and eolian deposits. The fossil material studied includes invertebrate (ostracods, such as *Darwinula*) and vertebrate remains. The vertebrate material is preserved in medium grained, reddish sandstones, and consists of partially articulated fish vertebrae, scales and a fragmentary shoulder girdle. These remains are referred to non-Halecomorphi Halecostomi, based on the morphology of the vertebrae and scales. This is the first record of fish material preserved in three dimensions in the Lagarcito Formation, in contrast to the two dimension previous records from the same unit.

Resumen. Se presenta un estudio sedimentológico de la Formación Lagarcito (Albiano, Cretácico Temprano) y la descripción de nuevos fósiles de peces de diferentes niveles estratigráficos dentro de la mencionada unidad. Las facies reconocidas, así como las asociaciones de facies, se interpretan como pertenecientes a un lago somero perenne y están de manera subordinada combinadas con facies que representan un lago efímero con depósitos fluviales y eólicos. El material fósil estudiado incluye restos de invertebrados (ostrácodos como *Darwinula*) y de vertebrados. Los materiales de vertebrados están preservados en areniscas rojizas de grano mediano y consisten en restos parcialmente articulados de peces (vértebras, escamas y parte de la cintura escapular). Los mismos se refieren a Halecostomi no Halecomorfos en base a la morfología de las vértebras y a las escamas. Estos son los primeros hallazgos de materiales de peces de la Formación Lagarcito que se preservaron en tres dimensiones, ya que la totalidad de los registros previos de la misma unidad incluían especímenes preservados en dos dimensiones.

Key words. Lower Cretaceous. Halecostomi fishes. Lacustrine paleoenvironment. Sierra de las Quijadas. Argentina.

Palabras clave. Cretácico Inferior. Peces Halecostomi. Paleoambiente lacustre. Sierra de Las Quijadas. Argentina.

Introducción

El Cretácico es un período crucial para la comprensión del origen, la temprana diversificación y distribución de la mayoría de los grupos de organismos actuales. Comprende unos 70 millones de años de historia y es durante este período que se consuma finalmente la fragmentación de Pangea, evento que imprimió los principales rasgos geológicos y biológicos actuales del planeta.

La biota continental del Cretácico Inferior de América del Sur es particularmente bien conocida

para las secuencias del Aptiano-Albiano del noreste brasileño (Maisey, 1991). Además de estos afloramientos, existen otros de origen continental de la misma edad en el norte de Chile, en Uruguay, y en la región austral y central de Argentina (Bonaparte, 1978; Salfity y Zambrano, 1990; Spalletti, 2000).

Particularmente en la región central de Argentina, durante varios años, y mediante un convenio de colaboración institucional entre la Universidad Nacional de San Luis y el Museo Americano de Historia Natural de la Ciudad de Nueva York, se realizaron tres excavaciones paleontológicas en las sedimentitas cretácicas de la Formación Lagarcito del Parque Nacional Sierra de las Quijadas en la provincia de San Luis. Las excavaciones estuvieron principalmente centralizadas en los niveles pelíticos basales de la Formación Lagarcito en la Quebrada de Hualtarán, yacimiento que fuera originalmente dado a conocer por Bonaparte (1970) y luego fuera pro-

¹Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco 917, 5700 San Luis, Argentina. rivarola@unsl.edu.ar

²Becaria CONICET, Universidad Nacional de San Luis.

³Department of Paleontology, Natural History Museum of Los Angeles County, 900 Exposition Boulevard, Los Angeles, CA 90007, EE.UU.

⁴Área Zoología, Universidad Nacional de San Luis.

pectado en mayor escala durante la década de 1990 dentro del marco del convenio citado. Una síntesis integral de la información hasta el momento publicada se puede encontrar en los trabajos de Bonaparte (1970, 1971, 1978), Sánchez (1973), Bocchino (1973, 1974), Chiappe *et al.*, (1995a, 1995b, 1998a; 1998b, 2000), Rivarola *et al.*, (1997), Dávila *et al.*, (1997, 1999a, 1999b), Codorníu *et al.*, (1999) y Codorníu (2000).

Durante las últimas excavaciones realizadas en los niveles de la Fm. Lagarcito se prospectaron nuevos horizontes y afloramientos dentro de la misma unidad, los que, a juzgar por sus características litológicas (litofaciales), podrían resultar fosilíferos. Tal es el caso del sitio del cual provienen los nuevos materiales fósiles que se describen en este trabajo; el mismo corresponde a niveles de areniscas y pelitas alojados en la quebrada de Hualtarán, pero en una posición estratigráfica superior a los niveles correspondientes a la "Loma del *Pterodaustro*" (Chiappe *et al.*, 1998a). La mayor parte de los fósiles exhumados de la Formación Lagarcito provienen del sitio "Loma del *Pterodaustro*", de donde la mayoría de material se ha preservado, a veces articulado y en dos dimensiones, en sedimentos finos y laminados, muy compactados. Por el contrario, parte del material que se da a conocer en este trabajo se ha conservado en areniscas pardo rojizas de grano medio de manera tridimensional.

La información paleontológica que aquí se presenta es a su vez acompañada de la descripción sedimentológica detallada de la columna aflorante en dicha quebrada. Las distintas asociaciones de facies determinadas han permitido realizar por vez primera una interpretación paleoambiental para la secuencia de la Formación Lagarcito aflorante en dicho sector de la cuenca.

Abreviaturas. MHIN-UNSL, Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Luis; MMP, Museo Municipal de Ciencias Naturales de Mar del Plata Galileo Scaglia.

Marco geológico

La Formación Lagarcito es una unidad continental compuesta por rocas sedimentarias silicoclásticas y evaporíticas, y que se incluye en el Grupo del Gigante. La unidad aflora con exposiciones saltuarias (figura 1) mayormente a lo largo del flanco oriental del cordón de Serranías Occidentales (Provincia de San Luis). Este elemento geotectónico está alineado siguiendo la megafractura Valle Fértil - Desaguadero y tomó su configuración actual durante las últimas fases de la tectónica Andina. Las sedimentitas de la Formación Lagarcito corresponden a secuencias de capas rojas típicas, no obstante son conspicuos el carácter varicolor y multifacial de sus rocas. Los espe-

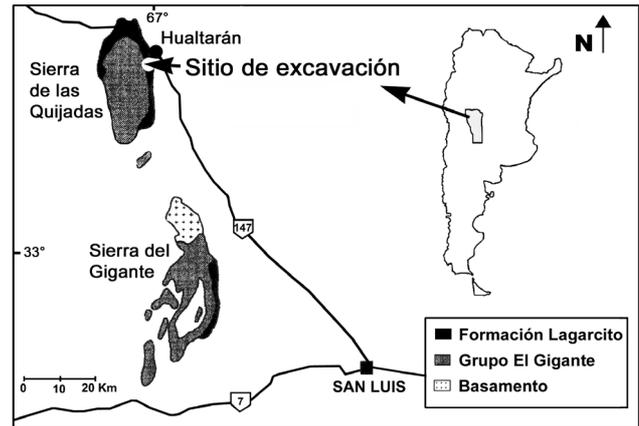


Figura 1. Ubicación geográfica general y del sitio fósil (modificada de Chiappe *et al.*, 1998a) / Location map from the study area (modified from Chiappe *et al.*, 1998a).

sores de la unidad son variables a lo largo de la cuenca alcanzando en algunas localidades varios cientos de metros; en el área en estudio (quebrada de Hualtarán en Sierra de las Quijadas) el perfil no supera los 50 m de espesor (figura 2).

A medida que avanzó el conocimiento de la cuenca, la edad y posición estratigráfica de la Formación Lagarcito ha sido objeto de controversias, dado que diversos autores la han situado indistintamente en un lapso comprendido entre el Jurásico Tardío y el Terciario, inclusive (Flores, 1969; Bonaparte, 1970). Trabajos recientes, en los que se combina información paleontológica, radiométrica y nuevas interpretaciones estratigráficas sobre el Grupo del Gigante sugieren como más probable su asignación al Cretácico Temprano, más concretamente al Albiano (Prámparo y Milana, 1996; Chiappe *et al.*, 1998a; Rivarola, 1999). En tal sentido cabe destacar que Yrigoyen (1975) ubicó a la Formación Lagarcito en el Cretácico Superior por considerarla en discordancia sobre el Grupo del Gigante (Cretácico inferior), criterio que no fue compartido por Rivarola (1999), quien dividió a la columna estratigráfica de la zona (Grupo del Gigante más Formación Lagarcito) en dos secuencias depositacionales, ubicando a la Formación Lagarcito en el tope de la segunda secuencia depositacional. Según este último autor ambas secuencias se habrían depositado durante el Cretácico Inferior.

Descripción de litofacies

En el perfil de la quebrada de Hualtarán (figura 2) se han identificado nueve litofacies principales, diferenciadas en base a los atributos específicos y observables en los cuerpos de rocas, tales como litología, estructuras sedimentarias y geometría de cuerpos. Para cada litofacies se ha usado un código identificador.

Litofacies Gm (Conglomerado matriz arenosa): Corresponde a un único banco de 50 cm de potencia ubicado en la base del perfil, se compone de gravas de hasta 10 cm de diámetro, de composición basáltica y escasos clastos de cuarcitas, cuarzo y esquistos, todos

con baja madurez textural y presenta una matriz arenosa fina a mediana, compuesta por granos de cuarzo muy redondeados cementados por abundante carbonato de calcio. El litosoma presenta geometría mantiforme, fábrica desorganizada, con incipiente gradación inversa.

Litofacies Ah, Ar, Al y Ap (Areniscas policromáticas): Corresponde a cuatro litofacies que se describen juntas dada su semejanza. Son una serie de bancos psamíticos con potencias individuales del orden centimétrico a métrico, intercalados en todo el perfil. Se compone de areniscas finas a medianas policromáticas con escasa matriz limosa y cemento de carbonato, sulfato y óxido de hierro. Corresponden a areniscas arcólicas a líticas con baja madurez textural y mineralógica. Las principales estructuras sedimentarias presentes son la estratificación horizontal (Ah), laminación ondulítica (Ar), en forma subordinada entrecruzamiento planar (Al) e intraclastos pelíticos (Ap). Los litosomas presentan siempre base erosiva y geometría mantiforme con marcado acuñaamiento en sentido de la corriente. De estos niveles se han recuperado los restos de peces que se describen en este trabajo.

Litofacies Ape (Areniscas con estratificación cruzada planar): Corresponde a un conjunto de capas con geometría acuñada, amalgamadas y de orden centimétrico de potencia. Son areniscas arcólicas, finas a medianas, de color castaño rojizo carentes de matriz y cementadas por carbonato de calcio, sulfato y abundantes pátinas de óxido de hierro. Las capas individualmente presentan estratificación cruzada planar de alto ángulo y en gran escala y un fuerte acuñaamiento lateral. Internamente se conforman de láminas que exhiben algo de gradación, escasas óndulas y rosetas de yeso. Las geometrías son cuñas y mantos delgados siempre con relación de base neta.

Litofacies Am (Areniscas masivas): Afloran en un único banco de 7 metros de espesor aproximado. Se compone de areniscas arcólicas finas a muy finas de color castaño rojizo, con escasa matriz limosa y abundante cemento de óxido de hierro, subordinadamente carbonatos y sulfatos. Carecen de estructura interna o bien por sectores presentan estratificación muy delgada difusa e irregular, hay concreciones carbonáticas y bioturbaciones de color verdoso que cortan verticalmente los planos de estratificación.

Litofacies Fl (Pelitas laminadas): Es la facies más representativa de la unidad en el perfil de Hualtarán. Son pelitas fósiles de colores variados entre verdosos y amarillentos, de composición esmectítica-illítica con abundante cemento calcáreo. La estructura predominante es la laminación, aunque al microscopio también se observa escapes de agua y relictos de microóndulas. Se presentan en bancos delgados muy extendidos lateralmente y con bases netas o trasicionales desde la facies de areniscas policromáticas. De un nivel aflorante en la sección basal del perfil se han recuperado centenares de restos fósiles, entre los que se incluyen restos bien conservados de vertebrados (e.g. pterosaurios, peces, y restos indeterminados), impresiones vegetales (angiospermas primitivas), conchóstracos y variadas trazas fósiles. También se han encontrado escasos ostrácos preservados como caparzones de color blanco o ámbar, con regular conservación, a menudo deformados y recristalizados. Por esta razón la exacta posición taxonómica es difícil de determinar por lo cual han sido identificados (Sara Ballent, comunicación personal) en forma general como *Darwinula* sp. y cypridáceos, ambos muy frecuentes en ambientes lacustres.

Litofacies Fm,Am (Fangolitas y areniscas muy finas masivas): Esta facies aparece en menor proporción e intercalada en bancos de pelitas laminadas. Los bancos presentan espesor variable siempre de orden centimétrico. Se compone de pelitas y areniscas muy finas masivas de colores castaños con tonalidades anaranjadas rosadas y grisáceas y abundante cemento calcáreo. Si bien se presentan en general masivas, al microscopio exhiben laminación irregular difusa, escapes de fluidos y slumps. La geometría de los litosomas es del tipo lobulada, con marcado acuñaamiento lateral y relación de base irregular levemente erosiva con topes planos o convexos. Son conspicuos los niveles con deformación sinsedimentaria.

Litofacies Lm (Pelitas masivas): Corresponde a un único litosoma alojado en la base de la unidad. Son pelitas y limolitas amarillen-

tas con conspicuas marcas circulares de reducción verdosas atribuidas a bioturbaciones. La composición es del tipo esmectita-illita, al microscopio se observa el desarrollo de microlaminación difusa, relacionada probablemente a fenómenos de bioturbación. Presentan abundante cemento calcáreo. El cuerpo presenta geometría tabular con acuñaamiento lateral y la base es neta.

Litofacies Lmc (Pelitas oscuras carbonosas): Corresponde a dos bancos de reducido espesor que se encuentran intercalados entre la facies de pelitas fósiles laminadas. Son pelitas de color rojo púrpura pálido con abundantes restos carbonosos, al microscopio se observa laminación muy irregular. Son cuerpos tabulares con base neta. De esta facies también se han recuperado los restos de ostrácos que fueran citados para la facies Fl.

Litofacies Y (Yeso): En el perfil de Hualtarán esta facies está muy pobremente representada. No obstante, en otros sectores de la cuenca los bancos son importantes en cuanto a espesor y distribución lateral. El cuerpo se compone exclusivamente por yeso de color blanco con hábito nodular y laminado.

Asociaciones de facies y análisis paleoambiental

Una asociación de facies se compone de un conjunto de facies litológicas (litofacies) que permiten ser asociadas desde un punto de vista genético. Una facies por sí misma sólo es indicadora de un proceso que actuó en un determinado lugar, en tanto que una asociación de facies indica un conjunto de procesos que actuaron simultáneamente en un lugar físico de la corteza y por lo tanto sus depósitos resultantes son indicadores de un submedio sedimentario (elemento depositacional). El conjunto de asociaciones de facies determinadas permiten entonces inferir la presencia de uno a más medios sedimentarios o sistemas depositacionales.

Cuatro asociaciones de facies fueron determinadas para la Formación Lagarcito en la sección levantada en el perfil de la quebrada de Hualtarán y una descripción e interpretación genética de éstas se da a conocer en este apartado.

Asociación de Facies A: Corresponde a una asociación monofacial compuesta por la facies de conglomerados Gm. El proceso de transporte involucrado en la formación del litosoma corresponde a tracción, con competencia y capacidad de transporte moderadas. Se lo interpreta como un depósito de procedencia local por acción de flujos fluidales concentrados que actuaron próximos a un área fuente de origen volcánico (basaltos de Hualtarán), y que a la vez incorporó por infiltración en la matriz un sedimento eólico o de playa de bolsón ya que los granos de arena intersticial presentan madurez textural y mineralógica buena.

Asociación de Facies B: Está compuesta por las facies de areniscas Am, Ah, Ar, Al y Ap. El proceso sedimentario involucrado en la formación de estos cuerpos fue de tipo traccional, con competencia y capacidad de transporte moderada a baja y de características turbulentas. En conjunto se los interpreta como lóbulos arenosos formados a partir de crecidas la-

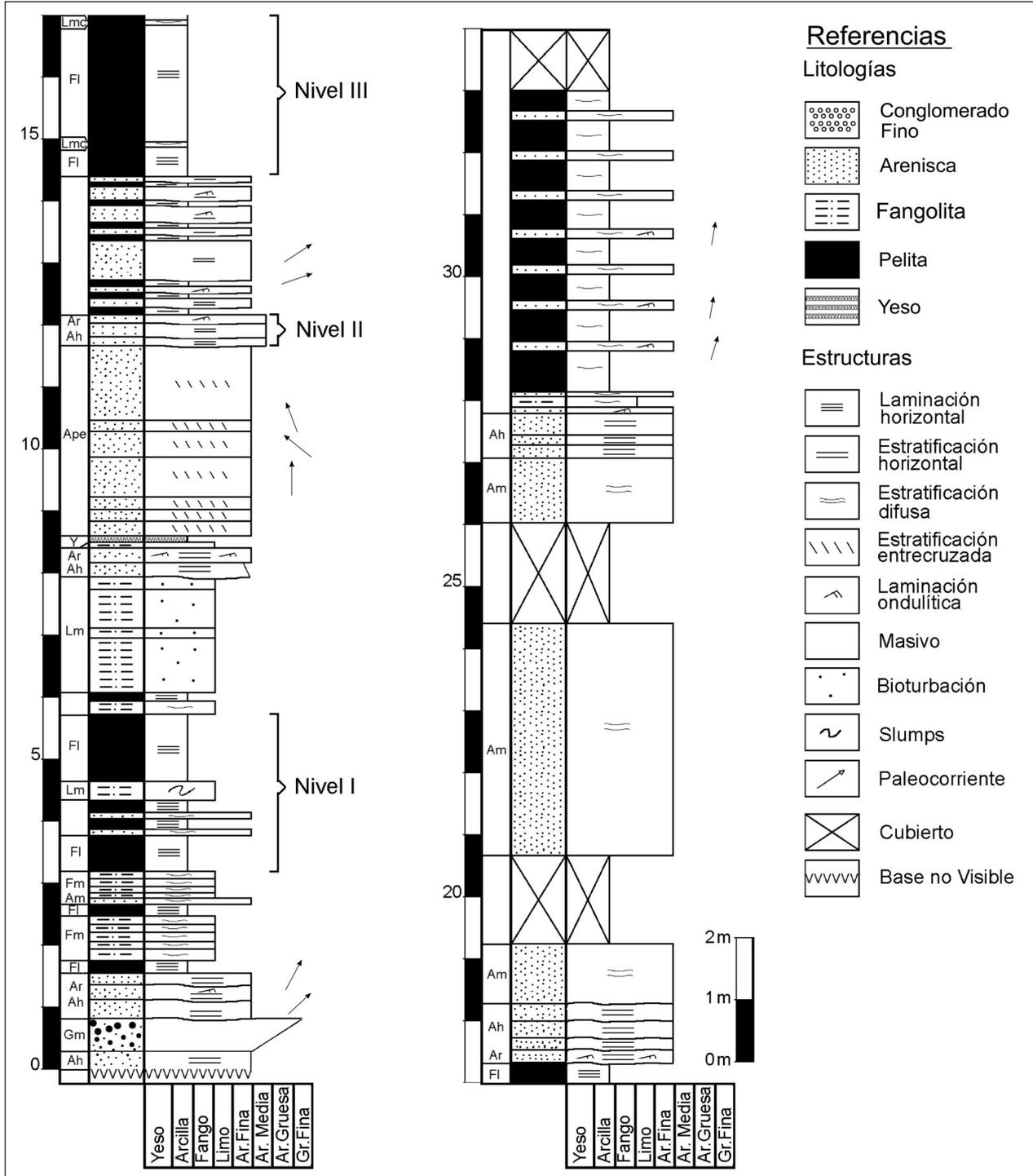


Figure 2. Perfil sedimentológico de la Formación Lagarcito en la quebrada de Hualtarán, Sierra de las Quijadas. Nivel I (Loma del *Pterodaustro*): pterosaurios, peces, plantas, conchóstracos, ostrácodos y trazas. Nivel II: peces. Nivel III: peces y ostrácodos. / *Sedimentological section of the Lagarcito Formation in the Quebrada de Hualtarán, Las Quijadas Range. Level 1 (Pterodaustro's Hill): pterosaurs, fish, leaf impressions, conchostracans, ostracods and ichmites. Level II: fishes; Level III: fishes and ostracods.*

minares distales de un *wadi* intermedio a bajo. Ejemplos similares han sido descriptos por Tunbridge (1981, 1984).

Asociación de Facies C: Corresponde a una asociación monofacial compuesta exclusivamente por la fa-

cies Ape. Para esta facies el proceso sedimentario corresponde a tracción y saltación. El flujo fue de baja competencia y capacidad de carga y de bajo régimen. Corresponde a un flujo aéreo del tipo flujos de granos (*grain flow*) y caída de granos (*grain fall*). Los lito-

somas que se componen de esta facies se interpretan como niveles de dunas eólicas del tipo barjanas o de crestas barjanoides que actuaron durante los momentos de pausa en la acumulación fluvial (AFB). Ejemplos similares fueron descritos por McKee (1979).

Asociación de Facies D: Esta asociación se compone por el conjunto de facies Fl, Lmc, Lm, Fm-Am e Y. Las facies Fl y Lmc, por su lado, responden a procesos de decantación suspensiva en fondos parcialmente óxicos (Fl) y anóxicos (Lmc), permitiendo en este último caso la preservación de restos carbonosos; ambas se habrían desarrollado en la zona depocentral (*offshore*) de un sistema lacustre perenne y en ocasiones con estratificación térmica. En tanto que la facies Fm-Am se intercala entre las antes mencionadas y se habría depositado a partir de flujos friccionales (*underflows*) dentro de la misma zona. La facies Lm representa la sedimentación en zonas marginales del sistema lagunar mencionado (*nearshore*), bajo condiciones óxicas que habrían conllevado a la instalación de vegetación del tipo juncácea. Finalmente la facies Y evidencia períodos de generación de salmueras por evaporación hasta la eventual desecación, lo que provocó la precipitación de sulfatos en una zona depocentral de lagos salinos (*playa lake*). Ejemplos similares han sido descritos por Hubert y Hyde (1982), Gore (1988) y Anadón (1989).

Paleontología sistemática

Clase OSTEICHTHYES Huxley, 1880
Subclase ACTINOPTERYGII Klein, 1885
Actinopterygii incertae sedis
Figura 3.A

Material. MHIN-UNSL-GEO-V 179, radios de aleta; MHIN-UNSL-GEO-V 180 que contiene un opérculo aislado.

Procedencia. El espécimen MHIN-UNSL-GEO-V 179 proviene de la facies de areniscas policromáticas, extraído del nivel II de la nueva localidad. La pieza MHIN-UNSL-GEO-V 180 procede del nivel III (véase perfil, figura 2).

Descripción. En la pieza MHIN-UNSL-GEO-V 179 se han conservado 6 radios de aletas totalmente segmentados y cubiertos por ganoina y una costilla monócipita. En MHIN-UNSL-GEO-V 180 (figura 3.A) sólo está presente el opérculo derecho, cuyo margen anterior mide 50 mm y 30 mm el inferior. Tiene forma aproximadamente rectangular, con el extremo superior aguzado; el lado posterior es ligeramente cóncavo y el anterior casi recto, con una saliencia curva en la mitad de su longitud. La superficie externa está casi totalmente cubierta de tubérculos y crestas de ganoina. Este tipo de ornamentación se ha obser-

vado también en los peces semionótidos provenientes de la Loma del *Pterodaustro* en niveles más basales de la columna (nivel I en figura 2). No obstante, la ornamentación presente en estos últimos es menos abundante y está distribuida sólo en algunos huesos craneales, como ser extraescapulares, parietales y dermopterótico, pero no en el opérculo (Codorniú, 2000). Ornamentación de las mismas características a las del opérculo se ha observado en un frontal aislado, MMP 1151 procedente del sitio Loma del *Pterodaustro*.

Infraclase NEOPTERYGII Regan, 1923
División HALECOSTOMI Regan, 1923
Figuras 3.B-D

Material. MHIN-UNSL-GEO-V 177, escamas ganoideas rectangulares y articuladas; MHIN-UNSL-GEO-V 178, escamas ganoideas romboidales y articuladas; MHIN-UNSL-GEO-V 176, porciones articuladas de la columna vertebral, parte de la cintura pectoral izquierda y algunas escamas ganoideas.

Procedencia. Los especímenes MHIN-UNSL-GEO-V 176 a V 178 provienen de la facies de areniscas policromáticas, extraídos del nivel II de la nueva localidad. (véase perfil, figura 2).

Descripción. En MHIN-UNSL-GEO-V 177 (figura 3B) se conservaron siete hileras de grandes escamas ganoideas imbricadas. Las escamas son gruesas de forma rectangular, sus dimensiones van desde 8 mm por 9 mm hasta 11 mm por 6 mm, de largo por alto respectivamente, con un grosor de 3 mm aproximadamente. Cortes delgados de algunas de estas escamas permitieron analizar su estructura histológica. Se observó así que están compuestas por dos capas: la más externa es mucho más delgada y está constituida por varias láminas de ganoina, es decir que es multilaminada, y la más interna está formada por tejido óseo, con un grosor de al menos 10 veces más que la anterior. En MHIN-UNSL-GEO-V 178 se observan gruesas escamas ganoideas de forma romboidal. Son un poco más pequeñas que las anteriores, con unas dimensiones de 13 mm de longitud por 8 mm de alto. Escamas romboidales como éstas podrían corresponder a la región del pedúnculo caudal del pez. MHIN-UNSL-GEO-V 176 (figura 3C), en vista izquierda, consiste de la región anterior de la columna vertebral, parte de la cintura pectoral izquierda y de algunas costillas. De la columna vertebral se han conservado siete segmentos del endoesqueleto axial claramente separados entre sí. No se observa cuerpo vertebral por lo que la columna consistió de una notocorda durante la vida del animal; dicha estructura soporta dorsalmente a los arcos neurales con osificaciones sobre ellos que corresponderían a los supra-neurales; y ventralmente se encuentran los basiventrals, los que llevan parapófisis que articulan con

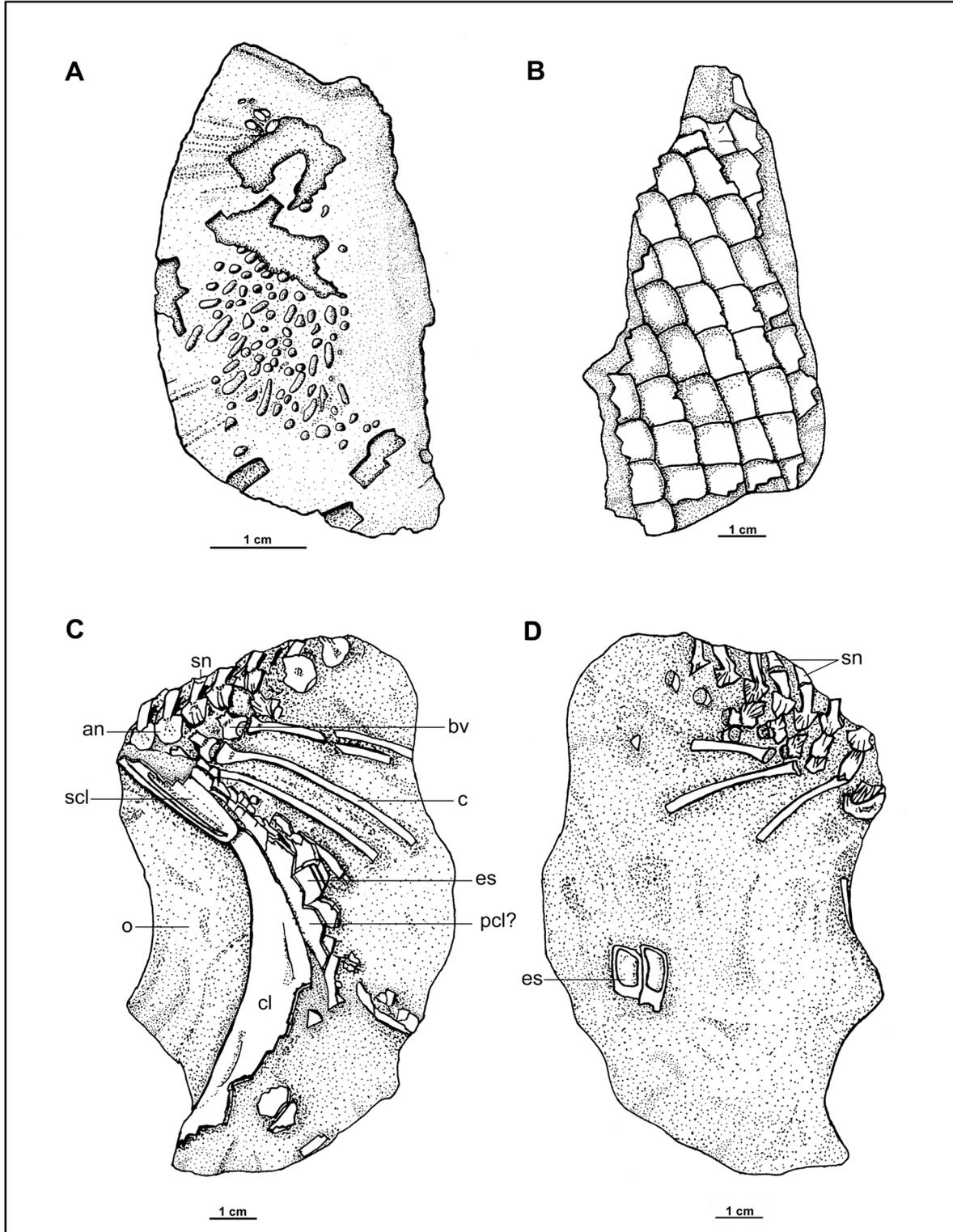


Figura 3. **A**, MHIN-UNSL-GEO-V 180, opérculo derecho / *right operculum*; **B**, MHIN-UNSL-GEO-V 177, escamas rectangulares / *rectangular scales*; **C**, vista izquierda de MHIN-UNSL-GEO-V 176 / *left view of MHIN-UNSL-GEO-V 176*; **D**, vista derecha del mismo espécimen / *right view of the same specimen*. Abreviaturas / *Abbreviations*: an, arco neural / *neural arch*; bv, basiventral / *basiventral*; c, costilla / *rib*; cl, cleitro / *cleithrum*; es, escama / *scale*; sn, supraneural / *supraneural*; pcl, postcleitro / *postcleithral scale*; scl, supracleitro / *supracleithrum*; o, opérculo / *operculum*.

costillas monocípitas. Esta estructura morfológica de la columna es similar a la descrita para los semionótidos del Supergrupo de Newark y la cual es característica de los semionótidos fósiles (Olsen y McCune, 1991). En este material se preservaron siete arcos neurales, un supraneural y cuatro basiventrales con tres costillas articuladas. En la cintura pectoral izquierda y articulada se diferencia el cleitro y el supracleitro. El supracleitro está incompleto, tiene forma alargada y presenta un grueso reborde dirigido dorsoventralmente, la porción conservada tiene una longitud de 32 mm y un ancho medio de 8 mm. El cleitro es robusto, está compuesto dorsalmente por una rama ascendente delgada que contacta con el supracleitro y ventralmente se continúa en una rama más ancha orientada anteroventralmente. Este hueso no está completo, ya que falta parte de su borde infero-posterior, pero su longitud aproximada es de 70 mm. Por detrás del cleitro y supracleitro se observan algunas escamas ganoideas y fragmentos de huesos que podrían corresponder a postcleitros pero su preservación no permite determinar su número. Por delante de la cintura se observa sólo la impresión del opérculo. En la cara derecha de MHIN-UNSL-GEO-V 176 (figura 3.D) se preservaron siete arcos neurales, dos supraneurales, siete basiventrales con sus parapófisis bien desarrolladas pero con sólo tres costillas y dos escamas. Las escamas son ganoideas, de forma rectangular y de idénticas características morfológicas a las observadas en las escamas de los especímenes MHIN-UNSL-GEO-V 177 y MHIN-UNSL-GEO-V 178, descritos anteriormente. En todo este material no se han observado ornamentaciones sobre los huesos o sobre las escamas; tampoco se observaron canales sensoriales. A partir de la comparación de la longitud de los elementos de la cintura pectoral con otros materiales articulados de la Formación Lagarcito, se estima que el largo total del espécimen era de aproximadamente 50 cm.

Discusión

Con la finalidad de lograr una identificación sistemática de estos nuevos especímenes (MHIN-UNSL-GEO-V 176, V 177 y V 178) de la Formación Lagarcito, se realizaron comparaciones con otros peces neopterigios del Cretácico Inferior, analizando el tipo de escamas y la estructura de la columna vertebral. Con respecto a la estructura de las escamas, las dos capas observadas corresponden a los estratos de ganoina e isopedina, características de las escamas ganoideas del tipo *Lepidosteoides*. Es interesante destacar, por un lado, que no se observa la presencia de otra sustancia entre las dos capas, ya que las escamas que presentan cosmina entre la ganoina y el hueso, son características de los actinopterigios por debajo

del nivel halecóstomo (Schultze, 1996). Por otro lado, la capa externa de ganoina es multilaminada, como se observa normalmente en la mayoría de los "holósteos", y a diferencia de los actinopterigios basales en donde la ganoina forma una sola capa delgada (Schultze, 1996). Se descartaron las familias de neopterigios ya que tienen tendencia a desarrollar escamas de tipo amiode, como *Macrosemiidae*, *Pachycormidae* y *Pholidophoridae* (algunas especies de *Pholidophorus*) (Schultze, 1996), como así también a los *Amiidae*, por presentar el mismo tipo de escamas. Los *Picnodontiformes* (Subdivisión *Halecomorphi*) fueron excluidos, a pesar de poseer escamas *lepidosteoides*, porque perdieron la ganoina (Schultze, 1996). Se excluye además a los representantes de la Subdivisión *Teleostei* (por encima del nivel de *Pholidophorus*) por presentar escamas de tipo cicloide. Así, las escamas de ganoides del tipo *Lepidosteoides* y con ganoina multilaminada aquí descritas pueden relacionarse con los miembros de la Infraclase *Neopterygii* y dentro de la misma a los actinopterigios por debajo del nivel halecóstomo.

Con respecto a la columna vertebral, pudo descartarse la asignación a *Lepisosteidae* (Div. *Ginglymodi*) y a los *Aspidorhynchiformes* (Subdivisión *Halecomorphi*) porque presentan vértebras con cuerpo vertebral. Los peces referidos a *Semionotiformes sensu Olsen y McCune (1991)*, es un grupo que incluye a las familias *Macrosemidae*, *Lepisosteidae* y *Semionotidae*. Las dos primeras familias ya fueron discutidas y descartadas anteriormente, por el tipo de escamas y por las características de la columna. La tercer familia de *Semionotiformes*, los *Semionotidae*, comprende un gran número de formas, las cuales conservan una serie de rasgos primitivos, característicos del nivel de organización "holósteo", como son las gruesas escamas ganoideas (McCune, 1986). Asimismo, estas formas carecen de cuerpos vertebrales osificados. Debido a que el nuevo material no incluye la región del cráneo, ni las escamas de la cresta dorsal, donde se encuentran los caracteres diagnósticos de la familia *Semionotidae*, no podemos asignarlo a la misma, ni relacionar los materiales aquí descritos con dicho grupo.

Conclusiones

Las asociaciones de facies determinadas en el perfil de Hualtarán indican la existencia de un sistema deposicional lacustre y de características perennes, el cual, y en forma subordinada, se combina con un sistema deposicional lacustre efímero, otro fluvial tributario del lacustre, y en menor medida se determina la presencia de un único nivel de sedimentitas de origen eólico. Estas últimas se habrían desarrollado a expensas de un retrabajo de las arenas que com-

ponen el sistema fluvial en épocas de pausa en la sedimentación.

En el perfil de la quebrada de Hualtarán existen al menos tres niveles fosilíferos. Los niveles I y III se presentan en bancos de pelitas fósiles y laminadas del sistema lacustre perenne que han permitido la perfecta conservación de los restos fósiles (Konservat Lagerstätte). El nivel II está en bancos de areniscas donde los restos fósiles (peces) están preservados en forma fragmentaria y en tres dimensiones.

De los nuevos materiales que se reportan de la Formación Lagarcito, el opérculo y los radios de aletas se atribuyen a Actinopterygios *incertae sedis*; por su parte, el espécimen con la cintura escapular y la columna vertebral articulada, y las escamas rectangulares y romboidales poseen caracteres anatómicos que nos permiten ubicarlos en la Div. Halecostomi no-Halecomorpha, de género y especie indeterminados.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer expresamente a las instituciones que mediante subsidios (McKenna Foundation y National Geographic Society) e infraestructura facilitaron la ejecución de este trabajo, especialmente a la Secretaría de Ciencia y Técnica y al Departamento de Geología de la Universidad Nacional de San Luis. Al Dr. O. Gallego por su colaboración en el procesamiento de muestras para microfósiles y a la Dra. S. Ballent por la identificación de los restos de ostrácodos que se reportan. A A. López Arbarello por leer el trabajo y por sus comentarios. A S. Zetkus, S. Dávila y J. Guevara por su colaboración en los trabajos de campo, que hacemos extensivo a los numerosos voluntarios que también participaron en las excavaciones. Finalmente a la Administración de Parques Nacionales por el apoyo técnico y logístico prestado durante los trabajos de campo.

Bibliografía

- Anadón, P. 1989. Lagos. En: A. Arche (ed.), *Sedimentología*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid 1: 219-270.
- Bocchino, R. 1973. Semionotidae (Pisces, Holostei Semionotiformes) de la Formación Lagarcito (Jurásico Superior?), San Luis, Argentina. *Ameghiniana* 10: 254-268.
- Bocchino, R. 1974. *Austrolepidotes cuyanus* gen. et sp. nov. y otros restos de peces fósiles de la Formación Lagarcito (Jurásico Superior?), San Luis, Argentina. *Ameghiniana* 11: 237-248.
- Bonaparte, J.F. 1970. *Pterodaustro guiñazui* gen. et sp. nov. Pterosaurio de San Luis, Argentina, y su significado en la geología regional (Pterodactylidae). *Acta Geológica Lilloana* 10: 207-226.
- Bonaparte, J.F. 1971. Descripción del Cráneo y Mandíbulas de *Pterodaustro guiñazui*. (Pterodactiloidea - Pterodactylidae. nov.) de la Formación Lagarcito, San Luis, Argentina - *Publicación del Museo de Ciencias Naturales de Mar del Plata* 1: 263-272.
- Bonaparte, J. F. 1978. El Mesozoico de América del Sur y sus Tetrápodos. *Opera Lilloana* 26, 596 p.
- Chiappe, L., Rivarola, D., Cione, A., Fregenal-Martinez, M., Buscalioni, A., Sozzi, H., Buatois, L., Gallego, O., Romero, E., López-Arbarello, A., McGehee, S., Marsicano, C., Adamonis, S., Laza, O., Ortega, F. y Di Iorio O. 1995a. Inland biota from Lower Cretaceous Lagarstatten of Central Argentina. *2nd International Symposium on Lithographic Limestones* (Cuenca, España, 1995). *Extended Abstracts*: 57-60.
- Chiappe, L., Rivarola, D., Cione, A., Fregenal-Martinez, M. y López-Arbarello, A. 1995b. Inland biotic association from the Lower Cretaceous of Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15. *Abstracts*: 23A.
- Chiappe, L., Rivarola, D., Cione, A., Fregenal-Martinez, M., Sozzi, H., Buatois, L., Gallego, O., Laza, J., Romero, E., López-Arbarello, A., Buscalioni, A., Marsicano, C., Adamonis, S., Ortega, P., McGehee, S. y Di Iorio O. 1998a. Biotic association and paleoenvironmental reconstruction of the "Loma del *Pterodaustro*" fossil site (Lagarcito Formation, Early Cretaceous, San Luis, Argentina). *Geobios* 31: 349-369.
- Chiappe, L., Rivarola, D., Romero, E., Dávila, S. y Codorníu, L.S. 1998b. Recent advances in the Paleontology of the Lower Cretaceous Lagarcito Formation (Parque Nacional Sierra de las Quijadas, San Luis, Argentina). *International Symposium Lower and Middle Cretaceous Terrestrial Ecosystems - Filling the Gap*. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 14: 187-192.
- Chiappe, L., Kellner, A., Rivarola, D., Dávila, S. y Fox, M. 2000. Cranial morphology and systematics of *Pterodaustro guiñazui* (Pterosauria: Pterodactyloidea) from Early Cretaceous of Argentina. *Natural History Museum of Los Angeles County, USA. Contributions in Science* 483: 1-19.
- Codorníu, L.S. 2000. [Sistemática de los peces semionotidos (*Osteichthyes*) de la Formación Lagarcito (Cretácico Temprano, San Luis). *Implicancias paleoambientales y cronoestratigráficas*. Trabajo final de Licenciatura Universidad Nacional de San Luis, 105 p. (Inédito)].
- Codorníu, L.S., Chiappe, L., Rivarola, D. y Bozzollo, L. 1999. Primeros restos de peces en tres dimensiones de la Formación Lagarcito (Cretácico), Parque Nacional Sierra de las Quijadas. San Luis Argentina. *Ameghiniana Suplemento Resúmenes* 36: 89.
- Dávila, S., Chiappe, L. y Rivarola, D. 1997. Aportes a la anatomía craneana de *Pterodaustro guiñazui* (Pterosauria) del Cretácico Inferior de San Luis. *Ameghiniana* 34: 535.
- Dávila, S., Chiappe, L. y Rivarola, D. 1999a. Anatomía pélvica y miembros posteriores de pterosaurios del Cretácico de la Provincia de San Luis. *Ameghiniana* 36: R98.
- Dávila, S., Chiappe, L. y Rivarola, D. 1999b. Hallazgo de un pterosaurio juvenil en la Formación Lagarcito (Cretácico) del Parque Nacional Sierra de las Quijadas, San Luis, Argentina. *Ameghiniana Suplemento Resúmenes* 36: R9.
- Flores, M. 1969. El Bolsón de Las Salinas en la Provincia de San Luis. *Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas* (Mendoza), *Actas* 1:311-327.
- Gore, P. 1988. Toward a model for open - and closed - basin deposition in ancient lacustrine sequences: the Newark Supergroup (Triassic - Jurassic), Eastern North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 70: 29-51.
- Hubert, J. y Hyde, M. 1982. Sheet-flow deposits of graded beds and sandstone on an alluvial sandflat-playa system. Upper Triassic Blomidon redbeds, St. Mary's Bay, Nova Scotia. *Sedimentology* 29: 457-474.
- Maisey, J. (ed.). 1991. *Santana fossils. An illustrated atlas*. Tropical Fish Hobbyist, Neptune City. 459 pp.
- McKee, E. (ed.) 1979. A Study of Global Sand Seas. U.S. *Geological Survey, Professional Paper*, 1052 pp.
- Olsen, P. y McCune, A. 1991. Morphology of the *Semionotus elegans* group from the Early Jurassic part of the Newark Supergroup of eastern North America, with comments on the family Semionotidae (Pisces: Neopterygii). *Journal of Vertebrate Paleontology* 11: 269-292.
- Prámparo, M. y Milana, J. 1996. Primeros hallazgos de palinómorfos en la Formación Lagarcito, Sierra de Guayaguas, Provincia de San Juan. *Ameghiniana* 34: 124.
- Rivarola, D. 1999. [Estratigrafía y Sedimentología de Secuencias Cretácicas del Parque Nacional Sierra de las Quijadas. San Luis.

- Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Luis, 255 pp. (Inédita)].
- Rivarola, D., Chiappe, L., Gallego, O., Dávila, S. y Luján, K. 1997. Una nueva localidad fosilífera en la Formación Lagarcito. Cretácico de San Luis. *Ameghiniana* 34: 540.
- Salfity, J. y Zambrano, J. 1990 Cretácico. In Bonaparte J., Toselli A. y Aceñolaza F. (eds.), *Geología de América del Sur. Serie Correlación Geológica*, 2, 3: 185-289.
- Sánchez, T. 1973. Redescipción del cráneo y mandíbulas de *Pterodaustro guñazui* Bonaparte (Pterodaytyloidea, Pterodaustriidae). *Ameghiniana* 10: 313-325.
- Schultze, H. 1996. *The scales of Mesozoic actinopterygians*. In: (eds. G. Arratia & G. Viohl): *Mesozoic Fishes-Systematics and Paleocology*, pp. 83-93.
- Spalletti, L. A. 2000. Evolución paleoambiental de las cuencas del Triásico del cono sur. 2° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 8° Reunión Argentina de Sedimentología. Acta de Resúmenes: 170.
- Tunbridge, I. 1981. Sandy high-energy flood sedimentation - some criteria for recognition, with an example from the Devonian of SW England. *Sedimentary Geology* 28: 79-95.
- Tunbridge, I. 1984. Facies model for sandy ephemeral stream and clay playa complex; the Middle Devonian Trentishoe Formation of North Devon, U.K. *Sedimentology* 31: 697-716.
- Yrigoyen, M. 1975. La edad Cretácica del Grupo Gigante (San Luis), su relación con cuencas circunvecinas. I° Congreso Geológico Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Tucumán), Actas 2: 29-56.

Recibido: 10 de agosto de 2003.

Aceptado: 1 de abril de 2004.