

# Nuevos restos de toxodonte (Mamalia, Notoungulata) en estratos de la Formación Chucal, Mioceno, Altiplano de Arica, norte de Chile

Mariano Bond

Museo de La Plata, Departamento Paleontología de Vertebrados,  
Paseo del Bosque s/n, 1900. La Plata, Argentina.  
palvert@museo.fcnym.unlp.edu.ar

Marcelo García

Servicio Nacional de Geología y Minería,  
Avda. Sta. María 0104, Casilla 10465, Santiago, Chile  
mgarcia@sernageomin.cl

## RESUMEN

Se describen tres piezas dentarias de un mamífero notoungulado, encontradas en estratos de la parte superior de la Formación Chucal, Altiplano de Arica, norte de Chile (18-19°S). Los caracteres morfológicos permiten referir el material disponible a un Toxodontidae, relacionado con especímenes generalizados de Haplodontheriinae presentes en Argentina, tales como *Palyeiodon* (= *Prototrígodon*). Estos últimos, morfológicamente más avanzados que aquellos de Edad Mamífero Santacrucense (Mioceno Inferior), proveen evidencias suficientes para asignar al Colloncurense (Mioceno Medio temprano) la edad máxima de los depósitos portadores.

*Palabras claves:* Sistemática, Toxodontidae, Piezas dentarias, *Palyeiodon*, Mioceno, Chile.

## ABSTRACT

**New remains of toxodont (Mamalia, Notoungulata) in the strata of the Chucal Formation, Miocene, Altiplano of Arica, northern Chile.** Three dental pieces of a notoungulate mammal, found in the strata of the upper part of the Chucal Formation, Altiplano of Arica, northern Chile (18-19°S) are described. The morphological characters allow to refer the available material to a Toxodontidae, related to generalised specimens of Haplodontheriinae as *Palyeiodon* (= *Prototrígodon*), which are present in Argentina. These specimens, morphologically more advanced than those of Santacrucian Mammal Age (Lower Miocene), give sufficient evidence to assign to Colloncuran (Early Middle Miocene) the maximum age of the deposits where they are present.

*Key words:* Systematics, Toxodontidae, Dental pieces, *Palyeiodon*, Miocene, Chile.

## INTRODUCCION

La fauna de vertebrados cenozoicos es abundante en Sudamérica, y está bien representada particularmente en Patagonia (Scott, 1912; Pascual, 1954, 1965; Flynn y Wyss, 1998), Bolivia (Marshall *et al.*, 1992; Flynn y Swisher, 1995) y Colombia (Madden, 1997). En los últimos años, en el Altiplano

del norte de Chile, al este de la ciudad de Arica, se han encontrado restos de vertebrados del Mioceno en dos localidades (Fig. texto 1). En Chucal, al noroeste del salar de Surire, en la Formación Chucal (Muñoz, 1991; Riquelme, 1998; Chávez, 2001), se ha señalado una variada fauna de mamíferos, inclu-

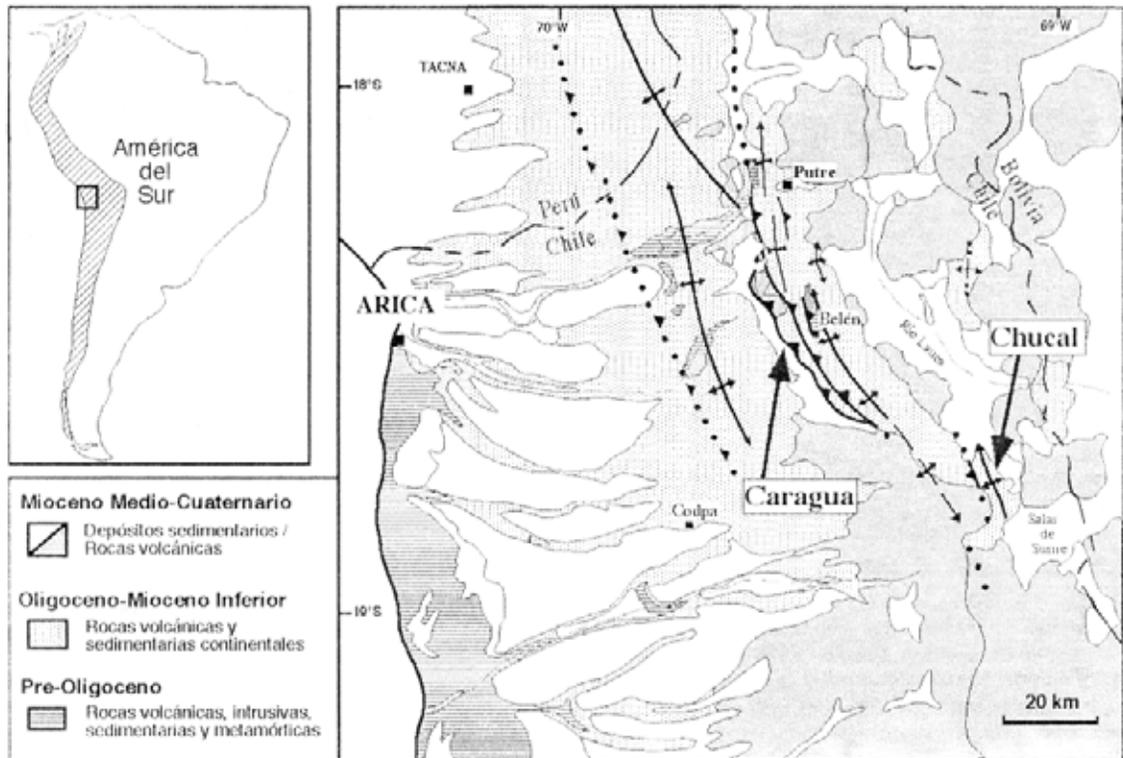


FIG. texto 1. Mapa geológico simplificado del área de Arica (García, 2001), indicando la distribución de las unidades oligoceno-neógenas y la ubicación de las localidades fosilíferas de Chucal y Caragua.

yendo toxodóntidos, mesotéridos, hegetotéridos y roedores, entre otros (Charrier *et al.*, 1994a; Flynn *et al.*, 1999, 2002). En Caragua, oeste de Belén, en la Formación Huaylas (Salas *et al.*, 1966; García *et al.*, 1996) se han citado restos de dos mesotéridos (Bargo y Reguero, 1989; Salinas *et al.*, 1991).

En el presente trabajo, se describe nuevo material fósil encontrado en areniscas de la Formación Chucal (Fig. texto 1), y se discute su contexto estratigráfico y cronológico. El punto fosilífero se ubica en el borde noroccidental del cerro Chucal ( $18^{\circ}42'20''\text{S}$ - $69^{\circ}10'40''\text{W}$ ) y consiste en piezas den-

tarias de un toxodóntido, unidas a restos de la mandíbula. La recolección fue efectuada por uno de los autores (MG) en noviembre de 1997, en el marco del levantamiento geológico regional del área, a cargo del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). El estudio paleontológico fue realizado por el primer autor de esta contribución (MB). El material descrito está depositado, al igual que otros fragmentos dentarios y óseos asociados, en la Colección Paleontológica de la institución antes mencionada, con el número SNGM 946.

## MARCO GEOLOGICO

El Altiplano de Arica (Fig. texto 1) está constituido, esencialmente, por extensas sucesiones volcánicas y sedimentarias continentales (Salas *et al.*, 1966; Muñoz, 1991), las que, de acuerdo a dataciones radiométricas han sido asignadas al

Oligoceno-Neógeno (Muñoz y Charrier, 1996; García *et al.*, 1996; Riquelme, 1998; Wörner *et al.*, 2000). Estas unidades estratigráficas, muy plegadas y falladas localmente, se apoyan en discordancia angular sobre rocas de edad precámbrica a

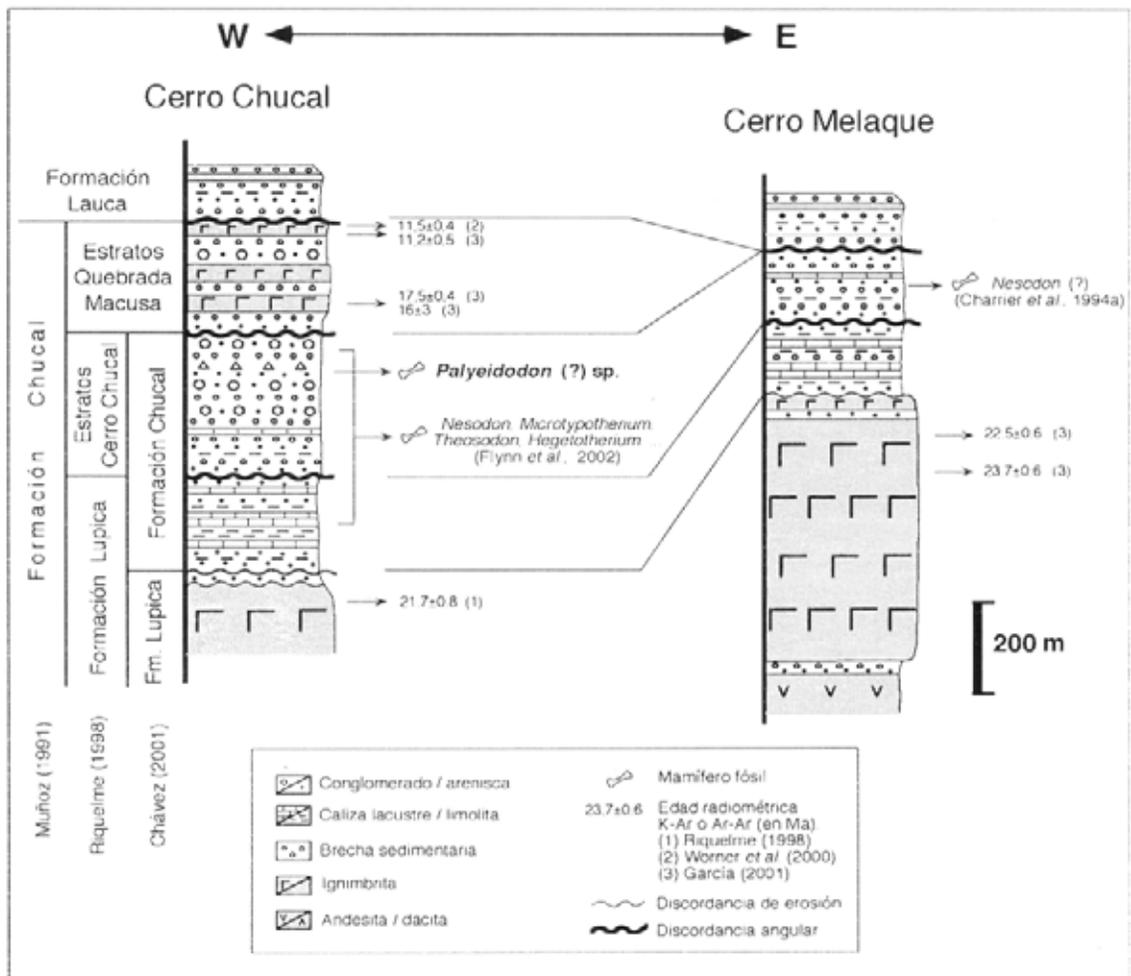


FIG. texto 2. Columnas estratigráficas de la Formación Chucal, en el cerro del mismo nombre (borde occidental) y en Cerro Melaque (borde noroccidental), con ubicación de los restos de mamíferos fósiles y donde se han obtenido edades radiométricas.

paleocena, principalmente en la parte occidental del área de Arica. En el sector de Chucal (Fig. texto 1), Muñoz (1991) definió la Formación Chucal como una sucesión sedimentaria y volcánica (Fig. texto 2), de 1.000 m de espesor, asignándola al Paleógeno en sentido amplio. De acuerdo a un análisis tectono-sedimentario, basado en cartografía a escala 1:100.000 y en edades radiométricas, Riquelme (1998) denominó 'Estratos Cerro Chucal' a la parte media-superior (esencialmente sedimentaria detrítica), de la unidad definida por Muñoz (1991), y la asignó al Mioceno. Los Estratos Cerro Chucal se ubican estratigráficamente, en discordancia angular, entre la Formación Lupica (Salas et al., 1966;

García et al., 1996) y los Estratos Quebrada Macusa (Riquelme, 1998). Chávez (2001) redefinió la Formación Chucal, integrando en los Estratos Cerro Chucal a rocas sedimentarias subyacentes, de grano fino y calcáreas (Fig. texto 2).

La Formación Chucal (*sensu* Chávez, 2001) sobryace en discordancia de erosión a ignimbritas riolíticas potentes, con intercalaciones sedimentarias detríticas (Formación Lupica). Las ignimbritas han sido datadas en ca. 21 Ma (K-Ar en roca total) y ca. 23 Ma (K-Ar en biotita). En toda la región del Altiplano de Arica, las dataciones de ignimbritas de la Formación Lupica comprenden valores entre 25 y 19 Ma (García, 2001).

Los Estratos Quebrada Macusa están formados por ignimbritas, areniscas y conglomerados que subyacen a sedimentos de la Formación Lauca (Plioceno-Pleistoceno; Kött *et al.*, 1995). En la ignimbrita inferior de los Estratos Quebrada Macusa se han obtenido dos edades Ar-Ar en biotita, de  $17,5 \pm 0,4$  y  $16 \pm 3$  Ma (edades plateau y fusión total, respectivamente), y en la ignimbrita superior, dos edades K-Ar en roca total, de ca. 11 Ma (García, 2001). Wörner *et al.* (2000) han realizado dos dataciones Ar-Ar de  $18,8 \pm 0,1$  y  $11,5 \pm 0,4$  Ma, en ignimbritas que asignaron a la Formación Chucal. Aquella ignimbrita de ca. 11 Ma se correlaciona, en el presente trabajo, con la toba superior de los Estratos Quebrada Macusa (Fig. texto 2).

La Formación Chucal presenta un espesor máximo de 600 m, adelgazándose hacia el este (Fig. texto 2). La parte inferior está formada por limolitas, areniscas, calizas y cherts, de colores verde, gris, pardo y amarillo. La estratificación es centimétrica

a decimétrica, muy bien definida y continua. La parte superior de la formación está constituida por areniscas y conglomerados medios a finos, semi-consolidados, de colores pardo, gris, morado y verde, con intercalaciones de brechas sedimentarias, limolitas, calizas y cherts. Se presentan regularmente estratificados, en capas decimétricas a métricas. Los depósitos están regularmente seleccionados, formados por clastos bien a medianamente redondeados y de origen completamente volcánico.

Las características sedimentológicas de la Formación Chucal indican un ambiente de deposición inicialmente lacustre variando posteriormente a fluvial y aluvial (Riquelme, 1998; Chávez, 2001). Además de los vertebrados fósiles, en estratos de la Formación Chucal se han citado abundantes restos de vegetales, incluyendo granos de polen (Charrier *et al.*, 1994b; Kohler, 1999; Chávez, 2001).

## DESCRIPCIONES SISTEMATICAS

Orden Notoungulata Roth, 1903

Suborden Toxodontia Owen, 1853

Familia Toxodontidae Gervais, 1847

Subfamilia ?Haplodontheriinae Kraglievich, 1934

Género ?*Palyeiodon* Roth, 1898

### *Palyeiodon* (?) sp. (Fig. texto 3; Lám. 1)

**Material:** ejemplares SNGM 946 [1-3]. Tres molares superiores pertenecientes a un mismo individuo, unidos a restos de la mandíbula. Número de terreno MAL-50.

**Procedencia geográfica y estratigráfica:** borde noroccidental del cerro Chucal, en las coordenadas geográficas  $18^{\circ}42'20''S$  y  $69^{\circ}10'40''W$ ; cota: 4.300 m s.n.m. Parte superior de la Formación Chucal (Muñoz, 1991; Riquelme, 1998; Chávez, 2001).

**Edad:** posible Edad Mamífero Colloncurensis (Mioceno Medio temprano).

**Descripción:** los elementos dentarios estudiados corresponden a una porción anterolingual de un probable primer molar superior izquierdo (M1?; Fig. texto 3A; Lám. 1, Figs. 1-3), un probable segundo

molar superior izquierdo incompleto (M2?; Fig. texto 3B; Lám. 1, Figs. 4-6) y una porción de maxilar derecho con el tercer molar posterior (M3; Fig. texto 3C, Lám. 1, Figs. 7-9), con la superficie coronaria dañada. Dos dientes (M2? y M3) tienen corona alta, curvada hacia afuera, con la porción basal abierta y casi con seguridad de tipo hipselodonte. El esmalte no es continuo sino que constituye bandas a lo largo de la longitud coronaria.

El ejemplar SNGM 946 [1] (Fig. texto 3A; Lám. 1, Figs. 1-3) es probablemente un M1 izquierdo (longitud anteroposterior máxima (=ap): 60 mm; ancho bucolingual máximo (=w): 36 mm). Presenta una corona de forma subtriangular (o de un paralelogramo) con las aristas bien redondeadas y con una superficie oclusal plana a ligeramente cóncava. La cara labial o ectolofa es convexa en su mayor parte, excepto su porción más posterior, que es algo

plano-cóncava; el ectolofio muestra una dirección oblicua en sentido anterolabial-posterolingual. Sobre la superficie oclusal del ectolofio se distinguen las elevaciones correspondientes al paracono y metacono. La columna del paracono es poco marcada, está situada aproximadamente en la mitad de la cara labial y coincide con la mayor convexidad de la misma. Por delante del paracono se proyecta un área parastilar muy bien definida y relativamente angosta. Posterior al paracono se encuentra el área del metacono, la cual labialmente está muy poco definida; el margen posterior coincide con la terminación de la capa de esmalte de la cara labial, la que abarca desde el borde anterolabial del parastilo hasta el margen posterolingual del metacono. Sobre el ectolofio la cobertura de esmalte se extiende desde un poco por detrás del extremo anterior del parastilo y llega hasta por detrás del metacono. La cara anterior del diente molar corresponde al protofio, el cual es ligeramente cóncavo en su extremo anterolabial y plano a algo convexo en el resto de su longitud; el protofio es ligeramente oblicuo en el sentido labio-lingual y su extremo lingual se ensancha formando una columna muy bien desarrollada hasta la base de la corona. El esmalte sobre el protofio abarca desde la parte trasera del extremo anterior del área parastilar hasta la cara anterior del protofio. Posterior a la columna del protocono de encuentra el pliegue lingual primario, el cual se

bifurca tras un corto trecho, formando la clásica 'horqueta', con dos ramas de casi la misma longitud, la anterior dirigida en sentido anterolabial-posterolingual y la posterior en sentido posterolabial- anterolabial. Sobre la corona las dos ramas del pliegue lingual llegan casi hasta la mitad de la misma; lingualmente el pliegue homónimo se mantiene abierto en el tercio superior de la longitud coronaria, mientras que la separación entre las columnas del protofio y metafio conserva su forma bien neta hasta la base de la corona. Por detrás del pliegue lingual se encuentra el metafio transversal, el cual es algo ensanchado anteroposteriormente y algo cuadrangular en su extremo lingual (Fig. texto 3A).

Del ejemplar SNGM 946 [2] (Fig. texto 3B; Lám. 1, Figs. 4-6), probablemente un M2 izquierdo, sólo se ha preservado la porción anterolabial correspondiente al área parastilar y una porción del parafio y paracono adyacentes al parastilo. El extremo anterior del área parastilar se encuentra desprovisto de esmalte (Fig. texto 3B).

El ejemplar SNGM 946 [3] (Fig. texto 3C, Lám. 1, Figs. 7-9), un M3 derecho (ap: 66 mm; w: ca. 37 mm), presenta su superficie oclusal muy dañada, pero pueden ser reconocidos los distintos elementos morfológicos de la estructura coronaria. La corona es de base abierta, sin mostrar evidencias de formación de raíces. Aunque tiene una estructu-

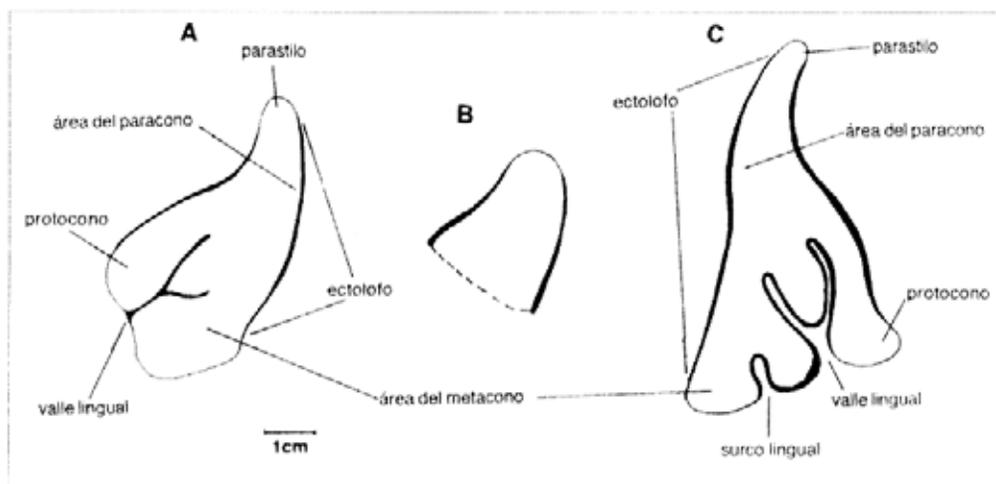


FIG. texto 3. Vista oclusal de tres piezas dentarias asignadas a *Palyedodon* (?) sp.; **A**- probable primer molar superior izquierdo (M1?), SNGM 946 [1]; **B**- probable segundo molar superior izquierdo (M2?), SNGM 946 [2]; **C**- tercer molar posterior derecho (M3), SNGM 946 [3].

ra semejante a aquella descrita para el M1, presenta algunas diferencias con dicho diente. El ectolofa del M3 es algo más plano a ligeramente cóncavo. El protolofa está más prolongado liguamente respecto del metalofa que en el M1. Posterior al surco lingual principal, el metalofa posee un surco lingual poco penetrante que forma un pequeño y corto lóbulo posterior. Este último está poco proyectado liguamente, menos que el metalofa, y aunque la

superficie coronaria está dañada, tanto el metalofa como el lóbulo parecen estar rodeados por una delgada capa de esmalte que aparentemente no se interrumpe, excepto tal vez en el extremo más posterolingual de dicho lóbulo. No se aprecia la profundidad que alcanza liguamente el surco lingual posterior. El surco lingual principal divide al metalofa posterior (Fig. texto 3C).

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### TAXONOMIA

Los restos dentarios encontrados en la Formación Chucal, si bien fragmentarios, presentan suficientes caracteres distintivos como para identificarlos como un Notoungulata Toxodontidae. Este toxodóntido presenta en sus molares un pliegue lingual muy penetrante y bifurcado, que origina una figura en 'horqueta' o 'Y', presente en todos los miembros de la subfamilia Nesodontinae, la más generalizada dentro de los Toxodontidae, cuyo biocron se extiende desde la Edad Deseadense a Colloncurensis (Oligoceno-Mioceno Medio), y con géneros tan representativos como *Nesodon* y *Adinotherium* de Edad Santacrucense (Mioceno Inferior) de Patagonia (Scott, 1912). El toxodóntido de Chucal presenta, sin embargo, una serie de rasgos que lo diferencian de los miembros conocidos de la subfamilia Nesodontinae. En primer lugar, el taxón de Chucal carece de una foseta posteroexterna, que es una característica de los Nesodontinae (Nasif *et al.*, 2000) y donde está presente aún en estados de desgaste relativamente avanzados. Por otra parte, en la pieza M1, el valle lingual principal se encuentra abierto a pesar de lo avanzado del desgaste, mientras que en los Nesodontinae, dicho valle tiende a cerrarse formando una cuenca cerrada liguamente (Cabrera, 1940; Madden, 1990). Además, el área parastilar carece de alguna columna distintiva sobre el ectolofa, como sucede en los Nesodontinae. Finalmente, a pesar de tratarse de un individuo adulto maduro, como lo indica el grado de desgaste del M1, el toxodóntido de Chucal presenta raíces abiertas, lo que indicaría que los molares serían euhipsodontes. Aunque en estados de desgaste comparables, los Nesodontinae presentan dientes de corona alta (hipsodontes), estos

últimos tienden a formar raíces (protohipsodontes) y a cerrar la base de la corona.

Debido a lo antes mencionado, el fósil de Chucal representaría un toxodóntido más avanzado que los Nesodontinae, siendo más afín con otros grupos de la familia Toxodontidae. También carece de afinidades con los miembros de las subfamilias Xotodontinae y Toxodontinae, por diferencias en la estructura coronaria tal como la conformación del pliegue lingual que es más simplificado en estos dos grupos, así como en la distinta proporción de la columna lingual del protolofa, más expandida y prominente en el toxodóntido de Chucal. Además, los miembros de la subfamilia Xotodontinae tienen piezas dentarias de tamaño mucho menor que el material aquí descrito.

El toxodóntido de Chucal presenta la entrante posterior del pliegue lingual persistente aún con el desgaste y la columna del protolofa expandida y sin esmalte. Estas características lo relacionan con los miembros más generalizados de las subfamilias Haplodontheriinae y Dinotoxodontinae, esta última con ciertos caracteres que dificultan su clara diferenciación respecto de la primera. Sin embargo, algunos rasgos del material de Chucal como el parastilo muy proyectado y con una amplia banda libre de esmalte y un metalofa no proyectado posteriormente en el M1, permiten diferenciarlo de Dinotoxodontinae generalizados, como *Pericotoxodon* de Edad Laventense en Colombia (Mioceno Medio; Madden, 1997). Estos rasgos lo aproximan más a Haplodontheriinae generalizados tales como *Palyeidodon* (= *Prototrigodon*), a lo que se suma el tamaño y configuración general de las piezas dentarias. Sin embargo, algunos rasgos morfológicos, sumado a lo fragmentario del material, impiden una asignación más precisa a dicho taxón. El desarrollo

diferente en el paralobo (bastante más cóncavo que en los ejemplares conocidos de *Palyeiodon*), así como el aparente cierre temprano del pliegue lingual en el ejemplar de Chucal, podría estar indicando un taxón relacionado con *Palyeiodon*, pero más generalizado. Es posible que el material dentario de Chucal corresponda a un grupo nuevo de Toxodontidae, relacionado estrechamente con Haplodontheriinae primitivos. Debido a lo fragmentario de esta piezas, se prefiere referirlo tentativamente al género antes mencionado.

Nasif *et al.* (2000) realizaron un análisis filogenético de los Toxodontidae, reconociendo solamente a las subfamilias Nesodontinae y Toxodontinae. En dicho esquema el género *Palyeiodon* es considerado como un Toxodontinae basal. Sin embargo, en este trabajo se ha mantenido una postura conservadora respecto a *Palyeiodon* al identificar al taxón y a la forma de Chucal como un Haplodontheriinae *s.l.*, hasta que nuevos estudios sobre los Toxodontidae avalen o no, lo propuesto por dichos autores.

#### EDAD Y CORRELACIONES

La fauna fósil hasta ahora descrita en la Formación Chucal indica un rango de Edad Mamífero esencialmente Santacrucense-Friasense (*s.l.*) (Flynn *et al.*, 2002). El toxodóntido reportado en el presente trabajo se aproxima a Haplodontheriinae generalizados como *Palyeiodon* (= *Prototrigodon*), que tienen una serie de rasgos morfológicos más avanzados que aquellos taxones de Edad Santa-

crucense de Patagonia. Grupos como *Palyeiodon* se registran en Patagonia en la Edad Colloncureense (Roth, 1898; Cábrera, 1940; Pascual, 1954, 1965). Por lo tanto, el nuevo hallazgo propondría un rango de edad Santacrucense-Colloncureense (Mioceno Inferior-Medio) para la Formación Chucal. Por otra parte, de acuerdo a las dataciones radiométricas Ar-Ar de la unidad que sobreyace a la Formación Chucal, las capas portadoras de *Palyeiodon?* *sp.* serían más antiguas que 17-16 Ma.

Los mamíferos descritos en la Formación Chucal (Charrier *et al.*, 1994a; Flynn *et al.*, 1999, 2002) incluyeron toxodóntidos referidos al género *Nesodon*, y asociados, entre otros, a Mesotheriidae Mesotheriinae registrados en Patagonia sólo a partir de la Edad Colloncureense (Pascual y Bondesio, 1985). La presencia de taxones más primitivos como *Nesodon*, junto a otros más avanzados como *Palyeiodon* y los Mesotheriidae Mesotheriinae, podría estar relacionada con la posición latitudinal diferente de los yacimientos, es decir, el segundo grupo aparecería antes en el norte de Chile que en la Patagonia. Los Mesotheriidae están representados en Patagonia durante las Edades Mamífero Divisaderense y Deseadense (Eoceno Superior-Oligoceno) y no se vuelven a registrar hasta la Edad Colloncureense (Francis, 1965), por lo que se espera encontrar su presencia en áreas al norte de Patagonia durante la Edad Santacrucense-Colloncureense.

#### AGRADECIMIENTOS

El trabajo geológico forma parte del Proyecto Areas Limitrofes del SERNAGEOMIN, y se realizó con la cooperación parcial del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (I.R.D.). R. Riquelme (Universidad de Chile) y J.C. Vicente (Universidad Pierre y Marie Curie, Francia) participaron en la recolección del material fosilífero y en discusiones acerca de la estratigrafía de la zona. C. Pérez de Arce (SERNAGEOMIN) efectuó las dataciones

radiométricas. Se agradece, especialmente, al paleontólogo A. Rubilar, por promover la realización de este trabajo y obtener las fotografías con la colaboración de F. Guerra (ambos del SERNAGEOMIN). Una corrección editorial crítica al manuscrito fue realizada por J. Flynn (The Field Museum of Natural History, Chicago), G. Hérail (I.R.D.) y E. Pérez (SERNAGEOMIN).

## REFERENCIAS

- Bargo, M.; Reguero, M. 1989. El primer registro de un mamífero fósil en el extremo septentrional de Chile. *Ameghiniana*, No. 26, p. 239.
- Cabrera, A. 1940. Sobre dos grandes mamíferos Friasenses. Notas del Museo de La Plata 5. *Paleontología*, No. 24, p. 241-250. Buenos Aires.
- Charrier, R.; Muñoz, N.; Wyss, A.; Flynn, J.; Hérail, G. 1994a. Hallazgo de un húmero de Toxodonte (Mamalia) en la Formación Chucal (Oligoceno tardío-Mioceno Inferior), en el Altiplano de Arica, Chile. *In Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas*, Vol. 1, p. 430-433. Concepción.
- Charrier, R.; Muñoz, N.; Palma-Heldt, S. 1994b. Edad y contenido paleoflorístico de la Formación Chucal y condiciones paleoclimáticas para el Oligoceno Tardío-Mioceno Inferior en el Altiplano de Arica, Chile. *In Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas*, Vol. 1, p. 434-437. Concepción.
- Chávez, A. 2001. Evolución paleoambiental y sedimentación sintectónica durante el Mioceno en el sector del cerro Chucal (Cordillera Occidental, Región de Tarapacá; 69°10'O-18°45'S), y su relación con la estructuración del Altiplano. Memoria de Título (Inédito). *Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 73 p.
- Francis, J.C. 1965. Los géneros de la familia Mesotheriinae (Tyotheria, Notoungulata) de la República Argentina. *Laboratorio de Paleontología Vertebrados, Boletín*, No. 1, p. 7-31. Montevideo.
- Flynn, J.; Swisher III, C. 1995. Cenozoic South American Land Mammal ages: correlation to global geochronologies. (SEPM) *Society for Sedimentary Geology, Special Publication*, No. 54, p. 317-333.
- Flynn, J.; Wyss, A. 1998. Recent advances in South American mammalian paleontology. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 13, No. 11, p. 449-454.
- Flynn, J.; Charrier, R.; Hérail, G.; Croft, D.; Wyss, A. 1999. The first Cenozoic mammal fauna from the Chilean Altiplano. *Conferencia (simposio) sobre Paleontología de Vertebrados*, 1 p. La Paz.
- Flynn, J.; Croft, D.; Charrier, R.; Hérail, G.; Wyss, A. 2002. The first Cenozoic mammal fauna from the Chilean Altiplano. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Vol. 22, No. 1 p. 200-206.
- García, M. 2001. Evolution oligo-néogène de l'Altiplano occidental (arc et avant-arc du Nord du Chili, Arica). Tectonique, volcanisme, sédimentation, géomorphologie et bilan érosion-sédimentation. Thèse de Doctorat (Unpublished), *Université Joseph Fourier*, 140 p. Grenoble, France.
- García, M.; Hérail, G.; Charrier, R. 1996. The Cenozoic forearc evolution in northern Chile: The western border Altiplano of Belén (Chile). *In the Third International Symposium of Andean Geodynamics*, p. 359-362. Saint Malo, France.
- Gervais, F.L.P. 1847. Observations sur les mammifères fossiles du midi de la France. Deuxième partie. *Annales des Sciences Naturelles*, Vol. 8, No. 3, p. 203-224. Paris.
- Kohler, I. 1999. Syntektonische kontinentale sedimentation auf der Westabdachung der Anden Nordchiles (18°S bis 19°S). Dissertation. *University of Stuttgart, Profil*, Vol. 17, p. 1-165.
- Kött, A.; Gaupp, R.; Wörner, G. 1995. Miocene to Recent history of the Western Altiplano in Northern Chile revealed by lacustrine sediments of the Lauca Basin (18°15'-18°40'S/69°30'-69°05'W). *Geologische Rundschau*, Vol. 84, p. 770-780.
- 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. *Imprenta El Siglo Ilustrado*, p. 17-133. Montevideo.
- Madden, R.H. 1990. Miocene Toxodontidae (Notoungulata, Mammalia) from Colombia, Ecuador and Chile. Ph.D. Dissertation. *Duke University*, 407 p. Durham, North Carolina.
- Madden, R.H. 1997. A new toxodontid notoungulate. *In Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene fauna of La Venta, Colombia* (Kay, R.F.; Madden, R.H.; Cifelli, R.L.; Flynn, J.J.; editors). *Smithsonian Institution Press*, 592 p.
- Marshall, L.; Swisher III, C.; Lavenu, A.; Hoffstetter, R.; Curtis, G. 1992. Geochronology of the mammal-bearing late Cenozoic on the northern Altiplano, Bolivia. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 5, No. 1, p. 1-19.
- Muñoz, N. 1991. Marco geológico y estratigráfico de un sistema fluvio-lacustre paleógeno, Altiplano de Arica, Norte de Chile. *In Congreso Geológico Chileno, No. 6, Actas*, Vol. 1, p. 201-204. Viña del Mar.
- Muñoz, N.; Charrier, R. 1996. Uplift of the western border of the Altiplano on a west-vergent thrust system, Northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 9, p. 171-181.
- Nasif, N.L.; Musalem, S.; Cerdeño, E. 2000. A new toxodont from the Late Miocene of Catamarca, Argentina, and a phylogenetic analysis of the Toxodontidae. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Vol. 20, No. 3 p. 591-600.
- Owen, R. 1853. Description of some species of the extinct genus *Nesodon*. *Annals and Magazine of Natural History*, Vol. 11, p. 318-319.
- Pascual, R. 1954. Los toxodóntidos del 'Colloncurensis' descriptos por Roth y su presencia en el Santacruciano. *Notas del Museo de La Plata 17, Paleontología*, No. 100, p. 95-111. Buenos Aires.
- Pascual, R. 1965. Los Toxodontidae (Toxodonta, Notoungulata) de la Formación Arroyo Chasicó (Plioceno Inferior) de la Provincia de Buenos Aires. Características geológicas. *Ameghiniana*, Vol. 4, No. 4. p. 101-132. Buenos Aires.

- Pascual, R.; Bondesio, P. 1985. Mamíferos terrestres del Mioceno Medio-tardío de las cuencas de los Ríos Colorado y Negro (Argentina): evolución ambiental. *Ameghiniana*, Vol. 22, No. 1-2, p. 133-145. Buenos Aires.
- Riquelme, R. 1998. Evolución tectonosedimentaria post-oligocénica del borde occidental del Altiplano, entre Tignámar y el Salar de Surire, I Región, Chile. Tesis de Magister y Memoria de Título (Inédito), *Universidad de Chile*, 123 p.
- Roth, S. 1898. Apuntes sobre la geología y paleontología de los Territorios del Río Negro y Neuquén (Diciembre de 1895 a Junio de 1896). *Revista del Museo de La Plata*, Vol. 9, p. 141-197. La Plata.
- Roth, S. 1903. Los ungulados sudamericanos. *Anales del Museo de La Plata (Sección Paleontología)*, Vol. 5 p. 1-36. La Plata.
- Salas, R.; Kast, R.; Montecinos, F.; Salas, I. 1966. Geología y Recursos Minerales del Departamento de Arica, Provincia de Tarapacá. *Instituto de Investigaciones, Geología de Chile, Boletín*, No. 21, 130 p.
- Salinas, P.; Villarroel, C.; Marshall, L.; Sepúlveda, P.; Muñoz, N. 1991. *Typotheriopsis* sp. (Notoungulata, Mesotheriidae), Mamífero del Mioceno Superior en las cercanías de Belén, Arica, Norte de Chile. *In Congreso Geológico Chileno, No. 6, Actas*, Vol. 1, p. 314-317. Viña del Mar.
- Scott, W.B. 1912. Toxodonta of the Santa Cruz beds. *Reports of the Princeton expedition to Patagonia*, No. 6, p. 111-286. Princeton.
- Wörner, G.; Hammerschmidt, K.; Henjes-Kunst, F.; Lezaun, J.; Wilke, H. 2000. Geochronology (Ar-Ar, K-Ar and He-exposure ages) of Cenozoic magmatic rocks from northern Chile (18-22°S): implications for magmatism and tectonic evolution of the central Andes. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 27, No. 2, p. 205-240.

**LAMINA 1**

(todas las fotografías x0,5)

**Figuras*****Palyeiodon* (?) sp.  
p. 84**

- 1-3 Ejemplar No. SNGM 946 [1]. Probable primer molar superior izquierdo (M1?). 1. Vista anterolingual; 2. Vista oclusal; 3. Vista labial.
- 4-6 Ejemplar No. SNGM 946 [2]. Probable segundo molar superior izquierdo (M2?). 4. Vista anterolingual; 5. Vista oclusal; 6. Vista labial.
- 7-9 Ejemplar No. SNGM 946 [3]. Tercer molar posterior derecho (M3) 7. Vista lingual; 8. Vista oclusal; 9. Vista labial.

LAMINA 1

