AMEGHINIANA - 2013 - Tomo 50 (2): 153 – 165 ISSN 0002-7014

ANÁLISIS ICNOLÓGICO Y PALEOAMBIENTAL DE LA ALOFORMACIÓN PUNTA SAN ANDRÉS (PLIO–PLEISTOCENO), PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

ELISA BEILINSON[1] y MATÍAS TAGLIORETTI[2]

[1]Centro de Investigaciones Geológicas, Avenida 1 Número 644, B1900TAC La Plata, Argentina. *beilinson@cig.museo.unlp.edu.ar*

[2]Dean Funes 3245, B7602AYI Mar del Plata, Argentina. *paleomat@yahoo.com.ar*

Resumen. Los depósitos del Cenozoico tardío aflorantes en las barrancas costeras de la Provincia de Buenos Aires han sido el objeto de un intenso estudio paleontológico desde principios del siglo XX. La presencia de estructuras vinculadas con la actividad biológica en ellos ha sido tratada con anterioridad por varios autores aunque no de una manera holística. El origen de las trazas fósiles presentes se vincula tanto a la actividad de vertebrados como de invertebrados y vegetales. Entre las estructuras vinculadas a la actividad de invertebrados, los túneles son los que más se destacan, distinguiéndose dos tipos: (1) túneles meniscados sin pared, asignados a *Taenidium serpentinum* y (2) tubos meniscados con pared, asignados a *Beaconites coronus*. Otras trazas fósiles encontradas consisten en cámaras asignadas a *Castrichnus incolumis*. Las estructuras vinculadas a la actividad de vertebrados corresponden a paleocuevas (con y sin relleno) de variadas dimensiones. Las de mayor tamaño fueron asignadas a la actividad de Pampatheriidae y/o Eutatini (Xenarthra, Cingulata) y las de menor tamaño a la actividad de Caviomorpha (Mammalia, Rodentia) incluyendo las familias Echimyidae, Octodontidae, Caviidae y Chinchillidae. Las trazas fósiles vinculadas a la actividad de vegetales corresponden a moldes de raíces y rizoconcreciones. El análisis icnológico ha permitido interpretaciones paleoclimáticas. Las excavaciones y cámaras asociadas a la actividad de lombrices señalan suelos afectados por un clima estacional, lo cual viene a confirmar interpretaciones paleoclimáticas previas hechas sobre la base de la sedimentología y el estudio micromorfológico de los paleosuelos donde se observaron las trazas fósiles.

Palabras clave. Icnofósiles. Paleocuevas. Aloformación Punta San Andrés. Plioceno. Pleistoceno.

Abstract. ICHNOLOGICAL AND PALEOENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE PUNTA SAN ANDRÉS ALLOFORMATION (PLIO-PLEISTOCENE), BUENOS AIRES PROVINCE, ARGENTINA. Late Cenozoic deposits that crop-out in the costal cliffs of Buenos Aires Province, have been the center of paleontological studies since the beginnings of the twentieth century. The presence of structures related to biological activity in these deposits has been pointed out by several authors. However, they have never been studied in a holistic way, taking into account all of the structures and not only those related to a single group. Amongst the diversity of trace fossils related to invertebrate activity, burrows are the most abundant and two different morphologies can be recognized: (1) unwalled meniscate burrows referred to *Taenidium serpentinum*, and (2) walled meniscate burrows interpreted as *Beaconites coronus*. Other trace fossils found in these paleosols are spherical chambers assigned to *Castrichnus incolumis*. Trace fossils of vertebrate activity are mostly caves. The largest ones are attributed to the activity of Pampatheriidae or Eutatini (Xenarthra, Cingulata) and the smallest ones to the activity of various types of Caviomorpha (Mammalia, Rodentia) including the families Echimyidae, Octodontidae, Cavidae and Chinchillidae. Trace fossils related to flora are root molds and rhizoconcretions. Ichnological analysis allowed some paleoclimatic inferences. The presence of chambers and burrows associated with earthworm activity suggests soils affected by seasonally dry periods. These observations confirm prior paleoclimatic interpretations based on micromorphological study of the paleosols and sedimentological work.

Keywords. Ichnofossils. Paleocaves. Punta San Andrés alloformation. Pliocene. Pleistocene.

Desde comienzos del siglo XX, los depósitos del Cenozoico tardío aflorantes en las barrancas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (Fig. 1) fueron el objeto de un intenso estudio paleontológico, convirtiéndose de esta forma en localidades tipo de la bioestratigrafía bonaerense y sudamericana (Ameghino, 1908; Pascual *et al.*, 1965, 1966; Marshall y Pascual, 1978; Marshall, 1985; Cione y Tonni, 1995, 1999, 2005 y bibliografía allí citada).

La presencia de estructuras vinculadas con la actividad biológica en los depósitos de la Aloformación Punta San Andrés, así como en las demás unidades cenozoicas que afloran en la zona de estudio, fue señalada por diversos autores (Ameghino, 1908; Frenguelli, 1928; Kraglievich, 1952; Zárate, 1989; Quintana, 1992; Zárate *et al.,* 1998; Vizcaíno *et al.,* 2001 y trabajos allí citados). Las estructuras más estudiadas han sido las paleocuevas vinculadas a la actividad de vertebrados (Genise, 1989; Zárate *et al.,* 1998; Dondas *et al.,* 2009 y trabajos allí citados). Por ejemplo, Genise (1989) y Zárate (1989) describen para niveles del Chapadmalalense (Plioceno) paleoexcavaciones pequeñas (0,3 a 0,5 m de diá-

metro) que atribuyen a *Actenomys* sp. (Rodentia, Octodontidae) e incluyen tanto paleocuevas como crotovinas. Dondas *et al.* (2009) reconocieron paleocuevas de 0,95 m de ancho por 0,75 m de alto con marcas tridáctilas en sedimentos del Pleistoceno superior y las atribuyeron a *Pampatherium typum* (Gervais y Ameghino,1880) (Mamalia, Xenarthra). Las trazas fósiles así descriptas comprenden entre ellas a las estructuras biogénicas de mayores dimensiones registradas a nivel mundial, solo presentes en Sudamérica.

En el campo de la icnología de invertebrados, para los depósitos cenozoicos de la zona de estudio, Genise (1997) y Zárate y Fasano (1989) identificaron en la Formación Barranca de Los Lobos (Plioceno superior) a la icnoespecie *Tacuruichnus farinai* Genise (1997). En las formaciones Chapadmalal (Plioceno superior) y San Andrés (Plioceno superior – Pleistoceno inferior) se identificaron los icnogéneros *Coprinisphaera* Sauer (1955) y *Procornitermes* Laza (1995) así como nidos de hormigas y termiteros asignados a la icnoespecie *Barberichnus bonaerensis* (Laza, 1995, 1997, 2006). Frenguelli (1938) identificó al icnogénero *Coprinisphaera* Sauer 1955 en los depósitos de la Formación Ensenada (Pleistoceno), el cual es considerado indicador del Cenozoico para América del Sur (Genise, 2004, p. 445). En sedimentos pleistocenos del Uruguay, Verde *et al.* (2007) describieron trazas asignadas a *Taenidium serpentinum* Heer (1877) y, a partir de su asociación íntima con ejemplares de *Castrichnus incolumis* Verde *et al.* (2007), fueron atribuidas a la actividad de lombrices.

Los objetivos del presente trabajo son: (1) tratar por primera vez el elenco icnofaunístico completo de la Aloformación Punta San Andrés, incluyendo trazas de vertebrados, invertebrados y plantas; (2) identificar las vinculaciones más recurrentes entre los diferentes icnofósiles y los sedimentos que los contienen; y (3) interpretar el significado paleoambiental de los icnofósiles estudiados.

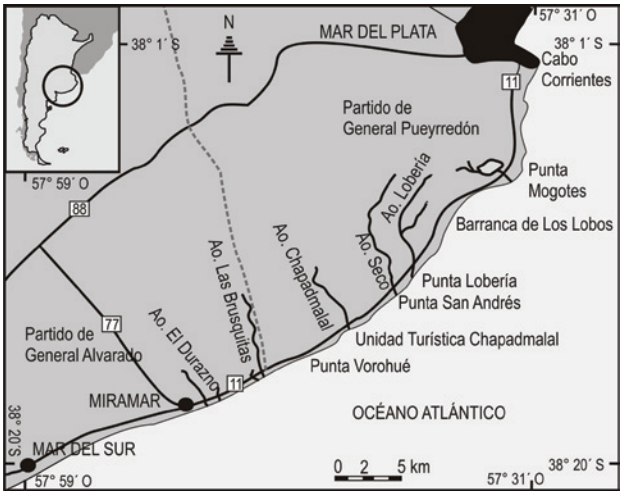

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio y su contexto geográfico (modificado de Zárate, 1989).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las tareas de campo incluyeron el relevamiento de las sedimentitas de la Aloformación Punta San Andrés, la confección de perfiles sedimentológicos de detalle (Fig. 2) y el muestreo paleontológico e icnológico. El material recolectado se encuentra en el Museo Municipal de Ciencias Naturales Lorenzo Scaglia (Mar del Plata) y forman parte de la Tesis Doctoral de uno de los autores (Taglioretti, M. L.).

En los afloramientos ubicados al sur del Arroyo Lobería (Fig. 1) los perfiles sedimentarios fueron relevados a una escala original de 1:50. Durante el levantamiento de datos se determinaron cuatro niveles portadores de icnofósiles de invertebrados y flora y se observó que las paleocuevas presentan una distribución ubicua en la unidad de estudio. Las icnotaxobases seleccionadas para el estudio del material se basaron en las propuestas de Bromley (1990), Keighley y Pickerill (1994) y Genise (2004) para aquellas trazas relacionadas con la actividad de invertebrados (forma, tipo de pared, relleno y ramificaciones del sistema de túneles) y en la de Klappa (1980) para trazas relacionadas con la actividad de raíces o canales radiculares de plantas (forma, tamaño, grado de ramificación, orientación, sustrato y estructuras internas).

Los paleosuelos reconocidos en la unidad bajo estudio se analizaron a dos escalas diferentes de trabajo. En primera instancia, se caracterizaron mediante el estudio macroscópico de los cambios en su estructura, presencia de moteado, nódulos y color. También se determinó su espesor, el tipo de contactos que presentan, su composición mineralógica, granulometría y grado de bioturbación. En segunda instancia, y como complemento de la descripción macroscópica, se realizó un estudio micromorfológico. El análisis de los cortes delgados incluyó observaciones sobre porosidad, microestructura, rasgos paleopedológicos y sobre la distribución del material pelítico en la microfábrica del suelo siguiendo las pautas y terminología de Bullock *et al.* (1985). Su clasificación fue hecha en base a la propuesta de Mack *et al.* (1993) para clasificación de paleosuelos.

MARCO GEOLÓGICO

La Provincia Geológica de Tandilia (Fig. 1) está conformada por una sucesión de sierras y cerros alineados en sentido NO-SE, que abarcan aproximadamente 350 km de

largo y un ancho máximo de 60 km en su parte central (Cingolani, 2005). El área de estudio se encuentra comprendida en el extremo sudoriental de Tandilia (38°07′S–57° 31′O y 38°17′S–57°50′O), abarcando los sectores proximales del piedemonte del cordón serrano que domina la región (Zárate, 1989, 2005).

La Aloformación Punta San Andrés fue definida por Zárate (1989) y comprende depósitos plio-pleistocenos que afloran a lo largo de 37 km de barrancas costeras, entre las ciudades de Mar del Plata y Miramar (Fig. 1). Está compuesta por rocas sedimentarias de origen continental, ya sea fluvial (zonas canalizadas e interfluvios) así como cuerpos de agua someros.

Características generales de la Aloformación Punta San Andrés en los perfiles relevados

En el área de estudio, la Aloformación Punta San Andrés alcanza los 18 metros de espesor y se compone de un conjunto de rocas silicoclásticas de textura variada (Fig. 2) que presentan el desarrollo de varios niveles de paleosuelos y acumulaciones de carbonato. La base de esta unidad muestra un contacto neto con las pelitas pliocenas de la Aloformación Punta Martínez de Hoz mientras que el tope está representado por una discordancia erosiva que pone en contacto con los depósitos psamíticos del Pleistoceno tardío–Holoceno de la Aloformación Arroyo Lobería (Fig. 3).

En la Aloformación Punta San Andrés se reconocieron dos asociaciones de facies. La primera está caracterizada por la amalgamación vertical de depósitos de textura gruesa (sabulitas y areniscas conglomerádicas) en los que predominan la estratificación entrecruzada en artesa resultante de la migración de megaóndulas tridimensionales (Miall, 2006) en una corriente de alta velocidad con carga de lecho mixta (García-Gil, 1993). Los litosomas de esta primera asociación de facies alcanzan espesores de entre 2 y 8 metros, con una superficie basal erosional y acanalada y un arreglo interno granodecreciente. Todos estos atributos permiten interpretar a los depósitos de esta asociación de facies como rellenos de canales fluviales (Bridge, 2003; Bridge y Demicco, 2008).

La segunda asociación de facies está caracterizada por depósitos de una textura más fina (areniscas muy finas y limolitas). Su estructura suele ser la laminación paralela, aunque también se identifican fangolitas macizas. Esta asociación de facies presenta regularmente el desarrollo de dos tipos principales de paleosuelos. El primer grupo incluye paleosuelos

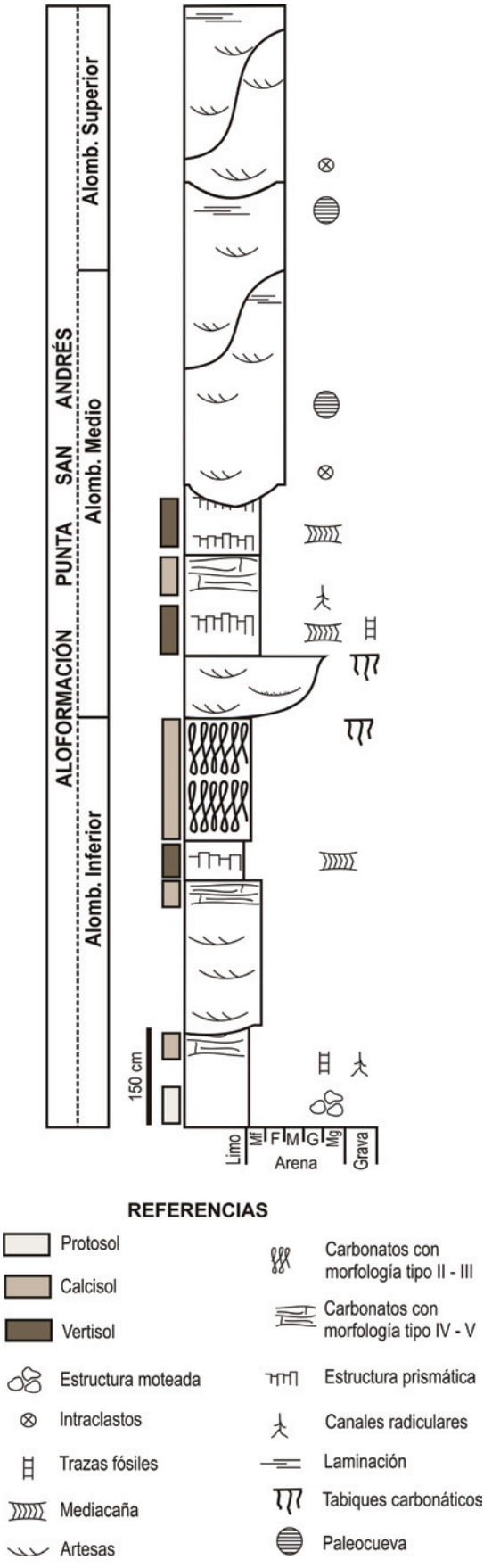

Figura 2. Perfil sedimentológico integrado de la Aloformación Punta San Andrés de los sectores donde se registran niveles con icnofósiles.

en los que predomina el desarrollo de los horizontes cálcicos (Fig. 4.1–2), pudiéndose encontrar la secuencia completa de estados morfológicos de Machette (1985). Su estudio micromorfológico reveló el desarrollo de estructura alveolar septal (Fig. 4.3) y material orgánica (Fig. 4.4) en una matriz micrítica. Según la clasificación de paleosuelos de Mack *et al.* (1993), estos paleosuelos quedarían comprendidos en el Orden Calcisol, el cual queda representado por cualquier paleosuelo en el cual el rasgo pedológico principal lo constituya la presencia de un horizonte cálcico. El segundo grupo incluye paleosuelos que se caracterizan por la presencia de rasgos tales como grietas de desecación (Fig. 4.5), *slickensides* (Fig. 4.6), acumulación de material argílico iluviado (Figs. 4.7-8), impregnaciones y nódulos de Fe y Mn. De acuerdo a la clasificación de paleosuelos de Mack *et al.* (1993), el presente paleosuelo se ubica dentro del Orden Vertisoles. Es en este segundo grupo donde se encuentran preservados la mayor parte de los icnofósiles, objeto de estudio del presente trabajo. Todas las características observadas permiten interpretar a estos depósitos como aquellos típicos de las planicies de inundación (Pérez-Arlucea y Smith, 1999).

Los depósitos de la Aloformación Punta San Andrés fueron interpretados por Zárate (1989) como vinculados a un ambiente fluvial, y un estudio de mayor detalle llevado a cabo por Beilinson (2012) permitió distinguir entre un sistema fluvial *anabranching* (*sensu* Nanson y Knighton, 1996) en la base de un unidad y un sistema entrelazado en la sección media y superior de la misma.

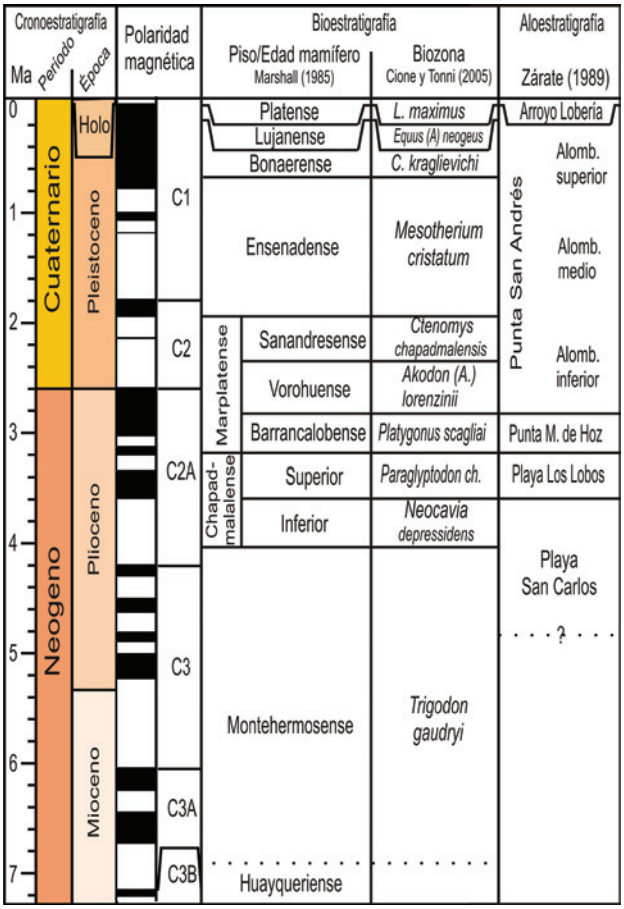

Figura 3. Cuadro comparativo entre las edades mamífero propuestas por Marshall (1985), las unidades bioestratigráficas propuestas por Cione y Tonni (1995, 2005) y el esquema aloestratigráfico de Zárate (1989).

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Icnogénero ***Taenidium*** Heer, 1877.

Icnoespecie tipo. *Taenidium serpentinum* Heer, 1877, del Jurásico de la Formación Neill Klinter, Islandia.

Taenidium serpentinum Heer, 1877

Figura 5.1–3

1877 *Taenidium serpentinum* Heer, p. 116
1987 *Taenidium serpentinum* Heer, D´Alessandro y Bromley, p. 750, text-fig. 5-7
1990 *Taenidium serpentinum* Heer, Dam, p. 142, fig. 11a
1994 *Taenidium serpentinum* Heer, Keighley y Pickerill, p. 324, fig. 5

Material. Proviene de los alomiembros inferior y medio de la Aloformación Punta San Andrés. Colonia Chapadmalal y San Eduardo del Mar, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Descripción. Se trata de túneles de orientación variable dentro del estrato, por lo general verticales a subverticales, ligeramente sinuosos, de 1 cm de diámetro y 10 a 15 cm de longitud. Se caracterizan por un retrorelleno meniscado y la ausencia de paredes (Figs. 5.1–2). La distancia entre los meniscos es igual o menor que el diámetro de la excavación. Los moldes externos pueden exhibir una ligera crenulación que se corresponde con los meniscos. Los bordes conforman contactos netos con el material hospedante. Se observó ramificación secundaria en algunos casos.

Observaciones. De acuerdo a las icnotaxobases reconocidas, y en concordancia con la diagnosis que ofrecen Keighley y Pickerill (1994) se interpretó a este grupo de túneles como *Taenidium serpentinum* Heer, 1877. Este tipo de túnel no presenta meteorización diferencial con respecto al material hospedante, por lo que no se puede separar de él con facilidad como una entidad individual. Los estratos donde se identificaron este grupos de icnofósiles fueron interpretados previamente como paleosuelos, más específicamente como horizontes Bt y Bw (Beilinson, 2012). Si bien en la mayoría de los estratos estudiados *T. serpentinum* constituye la única traza fósil con una abundancia aproximada del 80% (se

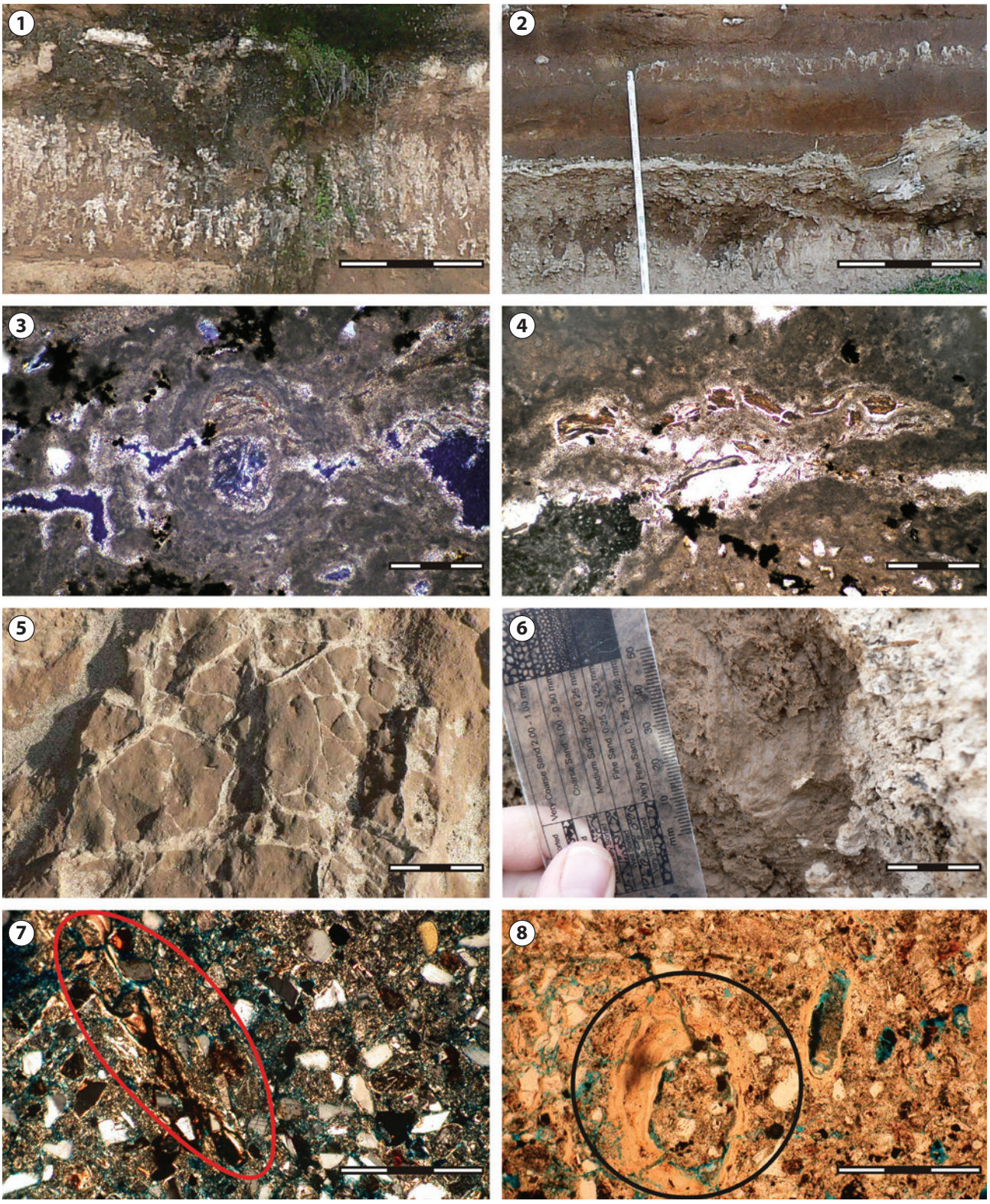

Figura 4. 1–4, Paleosuelos de la Aloformación Punta San Andrés. Rasgos macro y micromorfológicos de los Calcisoles; **1,** fuerte desarrollo de los nódulos carbonáticos; **2,** poco desarrollo del perfil de suelo donde se observan sólo las morfologías iniciales de los carbonatos (nódulos); **3,** estructura alveolar septal; **4,** materia orgánica; **5–8,** Rasgos macro y micromorfológicos de los Vertisoles; **5,** grietas de desecación rellenas con material pelítico; **6,** *slickenside*; **7,** fábrica-b poroestriada circunscripta por círculo y fábrica-b granoestriada indicada por flechas; **8,** cutánes de arcilla en paredes de cavidades y canales. Escala grafica= 150 cm (**1–2**); 0,4 mm (**3–4**); 60 cm (**5**); 20 mm (**6**); 0,5 mm (**7–8**).

trata de estratos fuertemente bioturbados) (Fig. 5.3), puede encontrarse asociada a *Beaconites coronus* Frey y Fagerstrom (1984) en algunos casos.

Icnogénero ***Beaconites*** Vialov, 1962.

Icnoespecie tipo. *Beaconites coronus* (Frey y Fagerstrom, 1984), del Mioceno tardío de la Formación Monroe Creek, Estados Unidos (figuras 1D–E y 3A–C).

Beaconites coronus (Frey y Fagerstrom, 1984)

Figura 5.4

1968 Meniscus burrow; Daley, p. 124, fig. 12a
1974 Horizontal burrows; Stanley y Fagerstrom, p. 70, figs 6, 7a–b
1984 *Muensteria* Sternberg; Pemberton y Frey (1982), p. 291, figs 4.6, 5b

Material. Proviene de los alomiembros inferior y medio de la Aloformación Punta San Andrés. La Estafeta, Colonia Chapadmalal y San Eduardo del Mar, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Descripción. Se trata de túneles de orientación principalmente horizontal, rara vez inclinados o verticales y ligeramente sinuosos. Son relativamente cortos (con respecto al ancho del tubo), de 1 cm de diámetro y 6 cm de longitud; su ancho se mantiene uniforme todo a lo largo del túnel. Es característica la presencia de paredes y su relleno meniscado presenta una granulometría similar al material hospedante (Fig. 5.4).

Observaciones. De acuerdo a las icnotaxobases reconocidas, y en concordancia con la diagnosis que ofrecen Keighley y

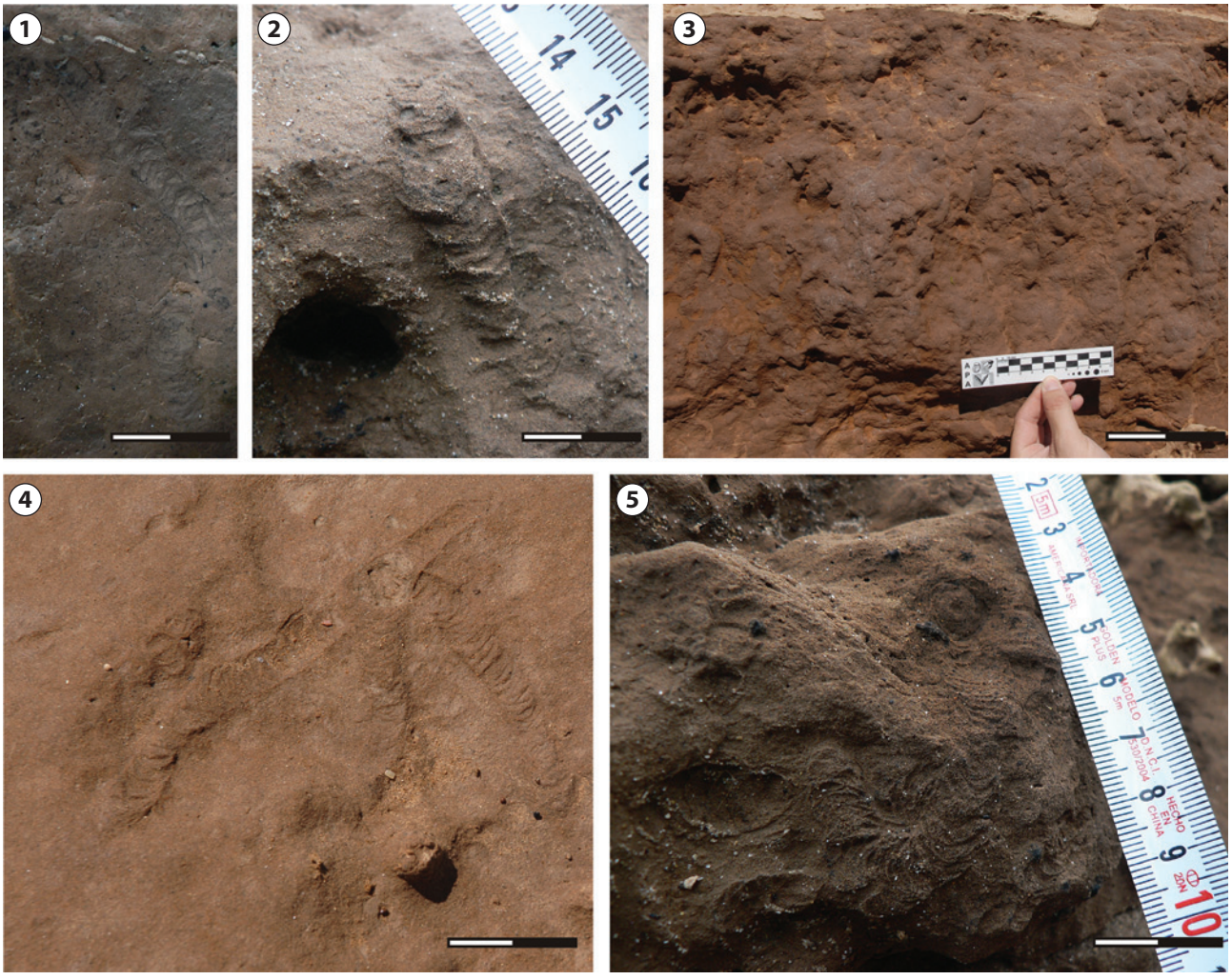

Figura 5. Trazas fósiles de invertebrados en la Aloformación Punta San Andrés; **1–2, *Taenidium serpentinum*** Heer (1877), tubos meniscados sin paredes; **3,** alto grado de bioturbación del estrato que la contiene. Aunque es posible identificar todavía las trazas individuales, la estructura sedimentaria primaria está ocluida; **4, *Beaconites coronus*** Frey y Fagerstrom (1984) , detalle de la relación entre un tubo vertical y tubos horizontales que parecen converger en él; **5,** detalle de la conexión entre ***Castrichnus incolumis*** y ***Taenidium serpentinum*** en paleosuelo vértico mostrando el arreglo concéntrico en las capas de la pared de ***C. incolumis***. Escala gráfica= 1 cm (**1–2; 4–5**); 10 cm (**3**).

Pickerill (1994) se interpretó a este grupo de túneles como *Beaconites coronus (*Frey y Fagerstrom*,* 1984). Los estratos donde se ha identificado este icnofósil fueron interpretados previamente como depósitos de planicie de inundación pobremente edafizada o como paleosuelos, más específicamente como horizontes Bw (Beilinson, 2012). En dichos niveles, donde también se ha podido identificar a *T. serpentinum,* se ha estimado la abundancia de *B. coronus* en aproximadamente un 15%. Cabe destacar que en algunos casos, los túneles horizontales se relacionan con túneles verticales, aunque no se ha podido determinar si es que irradian de él o si se trata de un entrecruzamiento de tubos individuales (Fig. 5.4).

Icnogénero ***Castrichnus*** Verde, Ubilla, Jiménez y Genise, 2007

Icnoespecie tipo. *Castrichnus incolumis* Verde, Ubilla, Jiménez y Genise (2007), del Pleistoceno tardío de la Formación Sopas, Uruguay (figuras 3B–C y 4A–H).

Castrichnus incolumis Verde, Ubilla, Jiménez y Genise, 2007

Figura 5.5

1998 *Coprinisphaera*; Verde *et al.* p. 31.
1999 "cámaras de letargo de lombrices"; Verde, p. 35.
2002 "cámaras de estivación de lombrices"; Verde *et al.,* p. 87.
2004 "earthworm aestivation chambers"; Verde *et al.,* p. 81.
2007 *Castrichnus incolumis*; Verde *et al.,* p. 343. Figs. 3B–C y 4A–H.

Material. Proviene del alomiembro inferior de la Aloformación Punta San Andrés. San Eduardo del Mar, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Descripción. La icnoespecie *Castrichnus incolumis* se caracteriza por ser cámaras esféricas con paredes multicapa compuestas de pellets imbricados dispuestos concéntricamente. Estas cámaras tienen un diámetro aproximado de 15 a 20 mm y las paredes presentan un espesor de 1 mm.

Observaciones. De acuerdo a las icnotaxobases reconocidas, y en concordancia con la diagnosis que ofrecen Verde *et al*. (2007) se interpretó a estas cámaras como *Castrichnus incolumis*. Los estratos donde se reconoció esta traza fósil fueron interpretados previamente como horizontes Bt y Bw de paleosuelos vérticos donde predomina otro grupo de trazas fósiles, como es el caso de los túneles asignados a *T. serpentinum.* En algunos casos se puede observar ejemplares de *C. incolumis* conectados lateralmente con *T. serpentinum* (Fig. 5.5). Verde *et al*. (2007) interpretaron a *C. incolumis* como cámaras de estivación de lombrices. La presencia de este tipo de estructura provee información muy importante desde el punto de vista paleoclimático y paleoecológico, ya que evidencia el desarrollo de paleosuelos en los cuales el agua estaba como agua poral o confinada en finas películas (Verde *et al.,* 2007). La mayoría de las lombrices no puede sobrevivir en suelos saturados en agua, mientras que en aquellos afectados por períodos estacionales secos marcados construyen cámaras de estivación como aquellas representadas por *C. incolumis* (Verde *et al.,* 2007).

PALEOCUEVAS

Se trata de cavidades circulares a ligeramente ovoides (Fig. 6.1–2), cuyo diámetro varía entre 0,1 y 1,2 m y que en la mayoría de los casos presentan rellenos de arenisca fina a muy fina y limolitas arcillosas con laminación planar y estructuras de escape de agua o deformación por carga. Este tipo de relleno fue interpretado por Zárate (1989) como el resultado de la depositación de material transportado por aguas infiltradas desde la superficie y que circulaban por las galerías y túneles. Imbellone *et al.* (1990) interpretaron el relleno de las paleocuevas como el producto de la introducción de sedimentos a través de la entrada de las cuevas mediante procesos biológicos, gravitatorios, eólicos e hidráulicos, aunque algunos clastos de gran tamaño podrían interpretarse como derrumbes del techo de la cueva, generándose en ocasiones verdaderas estructuras de colapso.

La variabilidad en el tamaño de las paleocuevas reconocidas permite agruparlas en dos grupos principales Tipo I y Tipo II.

Tipo I

Descripción. Estas paleocuevas presentan una sección transversal semicircular, en ocasiones con base plana, entre 0,9 y 1,1 m de ancho por 0,9 y 1,0 m de alto. Se observan sistemas de galerías de arquitectura compleja parcialmente rellenas, con un patrón similar al descripto por Quintana (1992). Por ejemplo, en una de las secciones estudiadas se pudo identificar un túnel que conectaba dos galerías sin relleno, generando de esta manera una galería en forma de "H" (Fig. 6.3). En sus paredes es posible identificar marcas que denotan el uso de las extremidades anteriores como órgano excavador (Hildebrand, 1985; Lessa, 1990), aunque no se hallaron restos de los posibles productores. Sin embargo, es frecuente el hallazgo de restos de *Microcavia reigi* (Quintana, 1996) (Mammalia, Rodentia) registrándose de 1 a 4 individuos por sección transversal.

Observaciones. Al momento, si bien se carece de evidencias directas que puedan dar cuenta de la identidad del organismo productor, se podría inferir que las paleocuevas fueron

probablemente construidas por individuos del Superorden Xenarthra. Al examinar el listado faunístico (Alberdi *et al.,* 1995; Soibelzon, 2008) de la Aloformación Punta San Andrés, encontramos que dentro de los cingulados, los Eutatini (Dasypodidae) alcanzan su mayor diversidad con 3 géneros representados, *Eutatus* (Gervais, 1867), *Doellotatus* (Bordas, 1932) y *Ringueletia* (Reig, 1958). Por otra parte, entre los Milodontidae (Xenarthra, Tardigrada) encontramos *Scelidotheridium* (Kraglievich, 1934), *Scelidodon* (Ameghino, 1881), *Scelidotherium* (Owen, 1839) y *Glossotherium* (Owen, 1840) con probada capacidad fosorial para estos últimos dos (Vizcaíno *et al.,* 2001). Esta gran diversidad de formas potencialmente cavadoras, advierte sobre el peligro de generalizar acerca de la génesis de estas paleoexcavaciones, ya que la gran mayoría de los casos se presentan como paleocuevas rellenas (crotovinas). Se hace evidente que el estudio de las marcas debe ser un paso fundamental en el análisis genético de las mismas, permitiendo discriminar rápidamente entre cingulados (marcas tridáctilas) y tardígrados (didáctilas) (Zárate *et al.*, 1998).

Tipo II

Descripción. Se trata de paleocuevas de pequeño tamaño (0,08–0,7 m) en el Alomiembro Inferior de la Aloformación Punta San Andrés y con una sección transversal semicircular. Al igual que las paleocuevas de mayor tamaño, se encuentran parcial o totalmente rellenas con material psamo-pelítico. Dentro de uno de estos sistemas de galerías, en este caso, uno de los de menor diámetro (entre 0,085 y 0,13 m), se encontraron restos asignados a 3 individuos de *Eumysops* sp. (Octodontoidea, Echimydae) (Fig. 6.4). Por otra

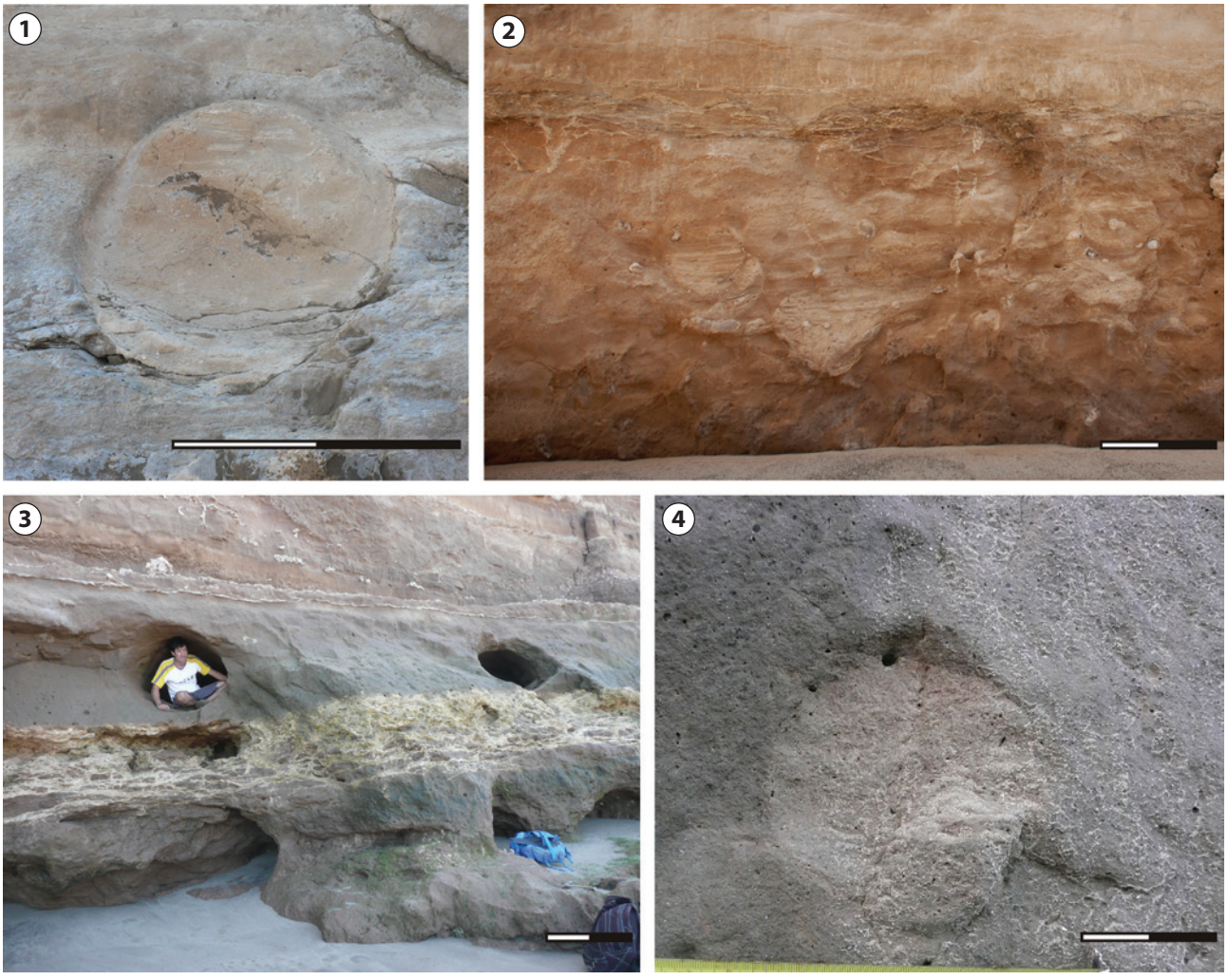

Figura 6. 1–4, Estructuras generadas por actividad de vertebrados; **1,** paleocueva de sección circular y relleno laminado; **2,** relación espacial entre diferentes paleocuevas excavadas en la misma unidad; **3,** paleocuevas tipo I: galerías sin relleno, conectadas internamente por túnel; **4,** paleocuevas Tipo II: en su interior se encontraron restos asignados a 3 individuos de ***Eumysops*** sp. Escala gráfica= 100 cm (**1–3**); 5 cm (**4**).

parte, en paleocuevas con rangos entre 0,3 a 0.35 m de diámetro se registró un contenido fósil variable: *Lagostomus* sp. (Chinchilloidea, Chinchillidae), *Microcavia s*p. (Cavioidea, Cavidae), *Actenomys* sp., *Eucelophorus* sp. (Octodontoidea, Octodontidae), *Paedotherium* sp. (Notoungulata, Hegetotheridae) y restos de *Ceratophrys* sp. (Amphibia, Anura). Finalmente, en las paleocuevas con mayores dimensiones (entre 0.60 y 0.7 m de diámetro) y que además presentan sección elíptica, con su eje mayor orientado perpendicular con respecto a la estratificación, se registraron restos de *Microcavia* sp.

Discusión. Es de destacar que la abundancia relativa de estas estructuras varía tanto en sentido vertical como horizontal, desarrollándose en niveles particulares y no en toda la Aloformación Punta San Andrés. Frenguelli (1928) asignó estas variaciones a cambios faunísticos regionales, los cuales llevaron a la aparición de las paleocuevas Tipo I en detrimento de las de Tipo II. Sin embargo, podría tratarse de un caso de preservación diferencial, en cuyo caso se trataría de una tendencia aparente (Zárate *et al.,* 1998). Las paleocuevas Tipo I son de difícil observación debido a sus pequeños tamaños y el carácter críptico de sus rellenos con respecto a la matriz. La presencia recurrente de *Microcavia* sp. en ambos tipos de paleocuevas sugiere el uso oportunista de las mismas y un posible comportamiento gregario, similar al documentado para *Cavia aperea* por Acosta y Pafundi (2005). Por su parte *Eumysops* sp. presentaría también gregarismo, y construirían sus propias paleocuevas. La presencia de *Ceratophrys* es un buen indicador de estacionalidad en las lluvias, sugiriendo que el registro hallado se produjo en el período no pluvial.

RIZOLITOS

Este grupo de trazas fósiles se desarrolla en todos los paleosuelos descriptos para la Aloformación Punta San Andrés (Fig. 2), variando su morfología, grado de desarrollo vertical y lateral.

Tipo I

Uno de los grupos morfológicos más representados en los depósitos de la Aloformación Punta San Andrés es aquella de tubos verticales a oblicuos, rellenos de material pelítico, rectos a ligeramente sinuosos, de 0,6 a 1cm de diámetro y 10 a 15 cm de longitud a lo largo de los cuales el diámetro puede variar ligeramente. Ocasionalmente, la superposición de estos tubos puede definir una ramificación aparente (Fig. 7.1–2;). Si bien en los estratos donde se identificó este tipo de rizolitos los mismos suelen ser la única traza fósil presente, en algunos casos pudo reconocerse la presencia de *Taenidium serpentinum* y *Beaconites coronus* (Fig. 7.3).

Tipo II

Otro grupo morfológico consiste en moldes de canales radiculares. Se trata de canales y canalículos con un diámetro variable entre 0,1 cm y varios cm de longitud, con un diseño ramificado hacia abajo. Estos canales radiculares pueden presentar sus paredes limpias (Fig. 7.4) o recubiertas por una fina pátina oscura, interpretada como óxidos de manganeso durante su estudio micromorfológico (Fig. 7.5).

Tipo III

Otro grupo de rizolitos identificados son las denominadas rizoconcreciones. Se trata de un sistema ramificado de concreciones carbonáticas. La longitud de estos sistemas puede llegar a los 0,6 m de longitud y cada concreción en particular presenta un diámetro de 8 a 15 mm (Fig. 7.6).

Observaciones. Las trazas de raíces son uno de los mejores criterios a la hora de identificar un paleosuelo (Retallack, 2001). Son la evidencia que las plantas se desarrollaron allí y por lo tanto, a pesar de las demás estructuras sedimentarias que puedan estar presentes, son evidencia que este estrato fue en algún momento un suelo (Retallack, 2001).

Los rizolitos, o trazas de raíces, proveen información sobre las condiciones del paleodrenaje, ya que las raíces necesitas oxígeno para respirar y por lo tanto rara vez penetran suelos permanentemente saturados con agua (Retallack, 2001). Aunque la distribución horizontal de los rizolitos puede vincularse en algunos casos a la presencia de una capa freática alta, el desarrollo en un marco de paleosuelos cálcicos de los rizolitos aquí estudiados se interpreta como indicador de condiciones de buen drenaje, sin saturación del suelo. Para el caso de la Aloformación Punta San Andrés, la presencia de trazas fósiles vinculadas solamente a la actividad de raíces y raicillas de pequeño tamaño apoya la generalización efectuada por Zárate (1989) que indica ambientes de praderas o estepas herbáceas.

DISCUSIÓN

El análisis icnológico de la Aloformación Punta San Andrés ha permitido distinguir restos de la actividad de diversos organismos (vertebrados, invertebrados y plantas). Las interpretaciones paleoambientales hechas hasta el momento para los depósitos bajo estudio fueron hechas en base a restos óseos fósiles, y en menor medida a trazas fósiles, de vertebrados (Soibelzon, 2008; Soibelzon *et al.,* 2009 y trabajos allí citados) o en base a la información sedimentológica y

paleoedáfica (Teruggi *et al.*, 1974; Zárate, 1989, Beilinson, 2012, entre otros), pero por lo general, no se tuvo en cuenta la valiosa información que brindan los icnofósiles vinculados a la actividad de invertebrados sobre el contexto depositacional, geomorfológico y paleoclimático dentro del cual se desarrollaron (Genise, 2004; Genise *et al.*, 2010).

La identificación de diferentes tipos de paleosuelos (Calcisoles y Vertisoles) en la zona de estudio (Beilinson, 2012) puede interpretarse como el producto de las variaciones paleoclimáticas y en los periodos de estabilidad geomorfológica. Los Calcisoles representan uno de los rasgos más característicos de la Aloformación Punta San Andrés, tanto por su gran participación en los depósitos de planicie como por el hecho de que conforman excelentes niveles guías para las correlaciones dentro de la unidad. La formación de suelos cálcicos está controlada por el clima, más específicamente por la precipitación anual (Birkeland, 1999; Mack *et al.,* 2000). Los suelos cálcicos actuales se forman en regiones donde la precipitación anual es menor a 800–1000 mm, correspondiendo a climas subhúmedos. Cuando los valores de precipitación son mayores, el bicarbonato es lavado del perfil y no se desarrollan suelos cálcicos. Para la Aloformación Punta San Andrés, la presencia de horizontes cálcicos indica para los periodos que estos representan precipitaciones menores a 800 mm anuales.

En cuanto al desarrollo de los Vertisoles, este tipo de paleosuelo presenta grietas de desecación desarrolladas durante los periodos secos junto con el desarrollo de *slickensides* (Fig. 4.5–6). Desde el punto de vista del régimen de humedad, los Vertisoles se desarrollan en regiones con climas sub-húmedos a semi-áridos con una marcada estación seca donde se propicien las reacciones alcalinas (Retallack, 2001).

La presencia de *T. serpentinum*, *B. coronus.* y *C. incolumis* en la unidad bajo estudio se verificó en aquellos estratos con desarrollo de Vertisoles o sin desarrollo pedológico aparente, los cuales se corresponden con ambientes de planicie de inundación proximales a medias de los canales fluviales prin-

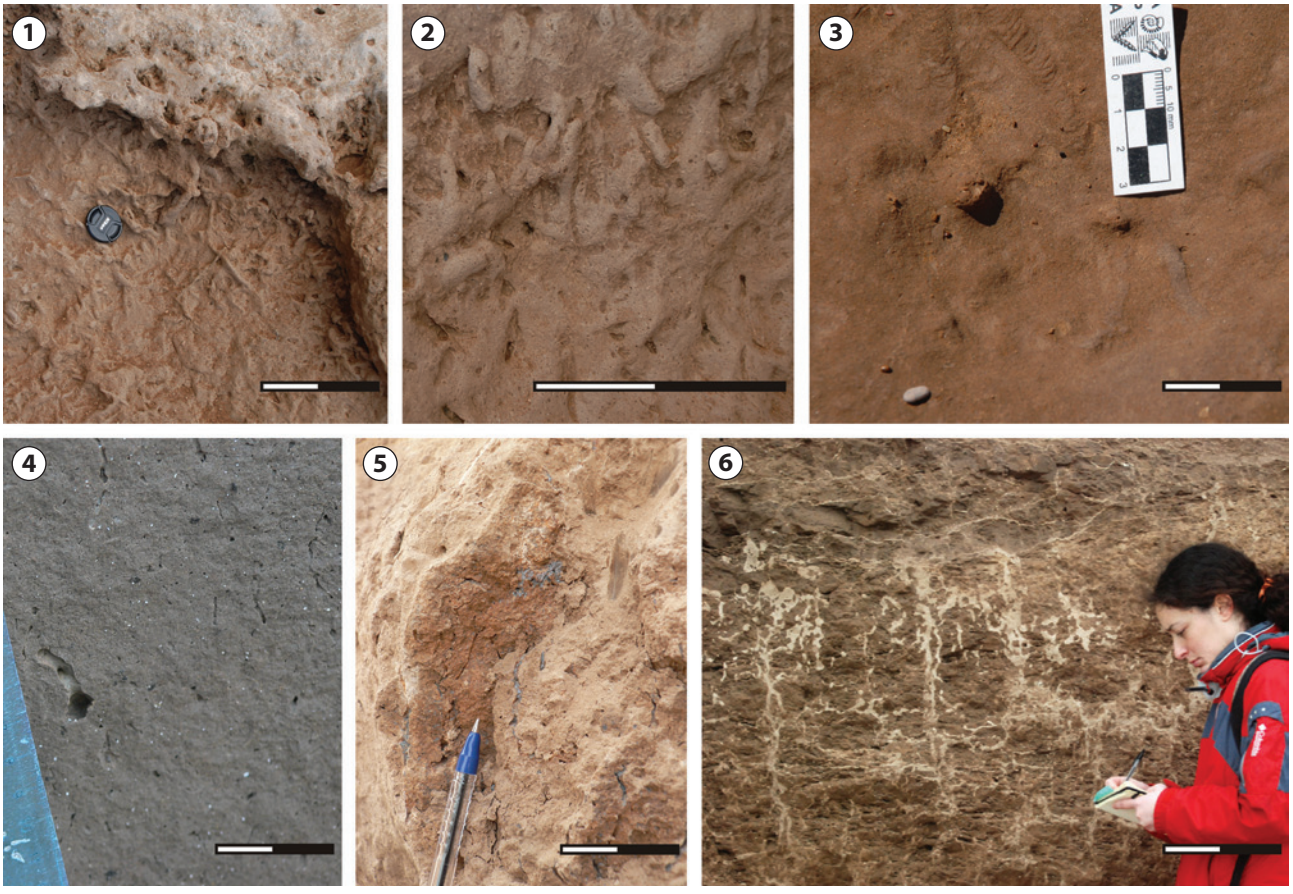

Figura 7. 1–6, Trazas fósiles vinculadas a la actividad de plantas. **1–3,** Rizolitos Tipo I; **1–2**, moldes de raíces verticales a oblicuos, rellenos de material pelítico, rectos a ligeramente sinuosos. Ocasionalmente, la superposición de estos tubos puede definir una ramificación aparente; **3,** relación espacial entre ***Beaconites coronus*** y los moldes de raíces; **4–5,** Rizolitos Tipo II; **4,** canales y canalículos con un diseño ramificado hacia abajo que presentan sus paredes limpias; **5,** canales con paredes recubiertas por pátina oscura (óxido de manganeso); **6,** Rizolitos Tipo III; sistema radicular de rizoconcreciones. Escala gráfica= 10 cm (**1–2**); 2 cm (**3–5**); 40 cm (**6**).

cipales y a rasgos geomorfológicos positivos como son los lóbulos de desborde (Beilinson, 2009). La presencia de las ya mencionadas trazas, vinculadas a la actividad de las lombrices (Laza, 1995; Verde *et al.,* 2007), contribuye a consolidar la propuesta sobre el desarrollo de paleosuelos (en este caso, los Vertisoles) en los cuales el agua estaba como agua poral o confinada en finas películas y que estaban sometidos a un régimen de humedad estacional.

En lo que se refiere a la información aportada por las paleocuevas y crotovinas, resulta interesante la ocurrencia de los ejemplares de tamaño grande o pequeño. El hallazgo de paleocuevas de gran tamaño en los alomiembros medio y superior (Fig. 3) de la Aloformación Punta San Andrés ha sido nulo. Aquí se propone que esta particularidad no responde a una pauta etológica sino que responde a un fuerte control geomorfológico negativo durante el Ensenadense, dado que las principales facies y asociaciones de facies allí descriptas corresponden a sistemas fluviales entrelazados que retrabajaron permanentemente los ambientes de planicie de inundación, preservando muy poco de este material. Los registros de paleocuevas gigantes provienen de diversos sitios localizados al NE del sistema de Tandilia (Fig. 1). En este sector las facies de planicie de inundación se encuentra más extendidas en tiempo y espacio, relacionado con la dinámica de la Cuenca del Salado y favoreciendo en este sentido la preservación de tales estructuras biogénicas.

CONSIDERACIONES FINALES

Para los depósitos del Plio-Pleistoceno considerados en el presente trabajo, se presenta por primera vez el análisis del elenco icnofaunístico completo en ellos identificado, haciendo mención de los icnogéneros *Taenidium serpentinum*, *Beaconites coronus* y *Castrichnus incolumis* por primera vez para la Aloformación Punta San Andrés.

La información sobre el contexto depositacional, geomorfológico y paleoclimático dentro del cual se desarrollaron los mencionados icnogéneros permitió establecer que: (1) los estratos donde se desarrollaron pueden ser caracterizados como paleosuelos relativamente maduros, los cuales permitieron el desarrollo sostenido de comunidades biológicas; (2) que dichos paleosuelos se desarrollaron en ambientes de planicie de inundación proximal a media, con buenas condiciones de drenaje; (3) que los paleosuelos se desarrollaron bajo condiciones de estacionalidad en el régimen hídrico. Todas estas conclusiones vienen a corroborar las inferencias realizadas previamente en base a estudios sedimentológicos de detalle y a la micromorfología de los paleosuelos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de F. Scaglia y L. Vallilengua por su colaboración y apoyo durante las campañas, a J. H. Laza por su ayuda en la identificación y sistemática de los icnofósiles vinculados a la actividad de invertebrados así como a sus comentarios enriquecedores sobre este manuscrito, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) que mediante las becas de postgrado doctorales brindadas a ambos autores permitió la realización de las campañas y al PIP 001318 de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica.

BIBLIOGRAFIA

Acosta, A. y Pafundi, L. 2005. Zooarqueología y tafonomía de *Cavia aperea* en el humedal del Paraná inferior**.** *Intersecciones en Antropología* 6: 3–19.

Ameghino, F. 1881. *La antigüedad del Hombre en el Plata, volumen 2*. G. Masson-Igon Hermanos, Paris- Buenos Aires, 557 p.

Ameghino, F. 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapadmalal. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 3: 343–428.

Alberdi, T. M., Leone, G., Tonni, E. P. (Eds.) 1995. Evolución biológica y climática de la región Pampeana durante los últimos cinco millones de años. Un ensayo de correlación con el Mediterráneo Occidental. CSIC. Madrid. *Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales* 12: 1–423.

Beilinson, E. 2009. Análisis de facies y paleoambiental de alta resolución de la Aloformación Punta San Andrés (Plio-Pleistoceno), Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 16: 57–74.

Beilinson, E. 2012. *Estratigrafía secuencial de alta resolución y análisis arquitectural de cuerpos en sistemas fluviales de la Aloformación Punta San Andrés (Plio-Pleistoceno), barrancas de Miramar a Mar del Plata.* Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 316 p.

Birkeland, P. W. 1999. *Soils and geomorphology*. Oxford University Press, Oxford, 430 p.

Bordas, A.F. 1932. Proposición de nuevo género para *Eutatus inornatus*. *Physis* 11: 167–168

Bridge, J. S. 2003. *Rivers and Floodplains: Forms, Processes, and Sedimentary Record*. Blackwells, Oxford, 491 p.

Bridge, J. S. y Demicco, R. 2008. *Earth surface processes, landforms and sediment deposits*. Cambridge University Press, Cambridge, 835 p.

Bromley, R. G. 1990. Trace fossils: biology and taphonomy. *Special Topics in Paleontology* 3: 1–280.

Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. y Tursina, T. 1985. *Handbook for Soil Thin-Section Description*. Waine Res. Publ., Albrighton, 152 p.

Cingolani, C. A. 2005. Unidades morfoestructurales (y estructuras menores) de la Provincia de Buenos Aires. En: R. E. de Barrio, M.F. Caballé y E. Llambías (Eds.), *Geología y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del 16º Congreso Geológico Argentino* (La Plata), p. 21–30.

Cione, A. L. y Tonni, E.P. 1995. Chronostratigraphy and land mammal ages in the Cenozoic of southern South America: principles, practices and the Uquian problem. *Journal of Palaeontology* 69: 135–159.

Cione, A.L. y Tonni, E.P. 1999. Biostratigraphy and chronological scale of uppermost Cenozoic in the Pampean Area, Argentina. En: E.P. Tonni y A.L. Cione (Eds.), *Quaternary Vertebrate Palaeontology in South America. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 12: 23–51.

Cione, A. L. y Tonni, E. P. 2005. Bioestratigrafía basada en mamíferos del Cenozoico superior de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En: R. E.de Barrio, M.F. Caballé y E. Llambías (Eds.), *Geología y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del 16º Congreso Geológico Argentino* (La Plata), p. 183–200.

D´Alessandro, A. y Bromley, R. G. 1987. Meniscate trace fossils and the *Muensteria-Taenidium* problem. *Palaeontology* 30: 743–763.

Daley, B. 1968. Sedimentary structures from a non-marine horizon in the Bembridge Marls (Oligocene) of the Isle of Wight, Hampshire, England. *Journal of Sedimentary Petrology* 38: 114–127.

Dam, G. 1990. Taxonomy of trace fossils from the shallow marine Lower Jurassic Neill Klinter Formation, east Greenland. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 38: 119–144.

Dondas, A., Isla, I. I. y Carballido, J. L. 2009. Paleocaves exhumed from the Miramar Formation (Ensenadan Stage-Age, Pleistocene), Mar del Plata, Argentina. *Quaternary International* 210: 44–50.

Frenguelli, J. 1928. Observaciones geológicas de la región costanera sur de la Provincia de Buenos Aires. *Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Anales II*: 1–145.

Frenguelli, J. 1938. Nidi fossili di Scarabeidi e Vespidi. *Bolletino Societta Geologia Italiana* 57: 77–96.

Frey, R. N. y Fagerstrom, J. A. 1984. Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenera *Scoyenia* and *Ancorichnus*. *Journal of Paleontology* 58: 511–518.

García-Gil, S. 1993. The fluvial architecture of the upper Buntsandstein in the Iberian Basin, central Spain. *Sedimentology* 40: 125–143.

Genise, J. F. 1989. Las cuevas de *Actenomys* (Rodentia : Octodontidae) de la Formación Chapadmalal (Plioceno superior) de Mar del Plata y Miramar (Provincia de Buenos Aires). *Ameghiniana* 26: 33–42.

Genise, J. F. 1997. A fossil termite nest from the Marplatan stage-age (late Pliocene) of Buenos Aires province, Argentina, as paleoclimatic indicator. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136**:** 139–144.

Genise, J. F., Bellosi, E. S. y Gonzalez, M. G. 2004. An approach to the description and interpretation of ichofabrics in paleosols. En : D. McIlroy (Ed.), *The applications of ichnology to paleoenvironmental and stratigraphic analysis. Geological Society of London, Special Publication* 288: 355–382.

Genise, J. F., Melchor, R. N., Bellosi, E. S. y Verde, M. 2010. Invertebrate and vertebrate trace fossils from continental carbonates. En : A. M. Alonso-Zarza y L. H. Tanner (Eds.), *Carbonates in continental settings. Facies, environments and processes.* Elsevier, Amsterdam, p. 319–370.

Gervais, P. 1867. Sur une nouvelle colection d'ossements fossiles de Mammifères recueillé par M. Fr. Seguin dans la Confédération Argentine. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* 65: 279–289.

Gervais, H., y Ameghino, F., 1880. *Les mammiféres fossiles de l´Amérique du Sud.* Savy-Ignon H., Paris-Buenos Aires, 225 p.

Heer, O. 1877. *Flora fossilis Helvetiae. Die vorweltliche Flora der Schweiz.* J. Wüster, Zürich, 182 p.

Hildebrand, M. 1985. Digging of Cuadrupeds. En: M. Hildebrand, D. Bramble, K. Liem y D. Wake (Eds.), *Functional Vertebrate Morphology*, *Hardvard Univ. Press*. Cambridge and London, p. 83–109

Imbellone, P., Teruggi, M. y Mormeneo, L. 1990. Crotovinas en sedimentos cuaternarios del partido de La Plata. En: M. Zárate (Ed.), *Actas del Simposio Internacional sobre Loess*. *Características, cronología y significado paleoclimático del loess*, p. 166–172.

Keighley, D. K. y Pickerill. R. K. 1994. The ichnogenus *Beaconites* and its distinction from *Ancorichnus* and *Taenidium*. *Palaeontology* 37: 305–337.

Klappa, C. F. 1980. Rhizolites in terrestrial carbonates: classification, recognition, génesis and significance. *Sedimentology* 27: 613–630.

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*. El Siglo Ilustrado, Montevideo, 136 p.

Kraglievich, J. L. 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de Mar del Plata* 1: 8–37.

Laza, J. H. 1995. Signos de actividad de insectos. En: M. Alberdi, G. Leone y ande. P. Tonni (Eds.), *Evolución biológica y climática de la región pampeana durante los últimos cinco millones de años*. Consejo de Investigaciones Científicas de España, Madrid, p. 347–361.

Laza, J. H. 1997. Signos de actividad atribuibles a dos especies de *Acromyrmex* (Myrmicidae, Formicidae, Hymenoptera) del Pleistoceno en la Provincia de Buenos Aires, República Argentina: Significación paleoambiental. *Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências* 11: 56–62.

Laza, J. H. 2006. Termiteros del Plioceno y Pleistoceno de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. Significación paleoambiental y paleozoogeográfica. *Ameghiniana* 43: 641–648.

Lessa, E. 1990. Morphological evolution of subterranean mammals. Integrating structural, functional and ecological perspectives. *Progress in Clinical and Biological Research* 335: 211 - 230.

Machette, M., N. 1985. Calcic soils of south-western United States. En: Weide, D. J. (Ed.), Soil and Quaternary geology of the south-western United States. *Special Paper, Geological Society of America* 203: 1–21.

Mack, G.H., James, W.C. y Monger, H.C. 1993. Classification of paleosols. *Bulletin of the Geological Society of America* 105: 129–136.

Mack, G. H., Cole, D. R. y Treviño, L. 2000. The distribution and discrimination of shallow, autigenic carbonate in the Pliocene-Pleistocene Palomas Basin, southern Rio Grande rift. *Bulletin of the Geological Society of America* 112: 643–656.

Marshall, L. G. 1985. Geochronology and land-mammal biochronology of the Transamerican Faunal Interchange. En: F.G. Stehil y S. D. Webb (Eds.), *The great American biotic interchange.* Plenum Press, Nueva York y Londres, p. 1–76

Marshall, L. G. y Pascual, R. 1978. Una escala temporal radiométrica preliminar de las edades mamífero del Cenozoico medio y tardío sudamericano. *Obra del Centenario del Museo de La Plata* 5: 11–28.

Miall, A.D. 2006. *The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Springer, Berlin, 582 p.

Nanson, G. C. y Knighton A. D. 1996. Anabranching rivers: their cause, carácter and classification. *Earth Surface Processes and Landforms* 21: 217–239.

Owen, R. 1839. Fossil Mammalia (2). En: C. Darwin (Ed.), *Zoology of the voyage of H. M. S. Beagle*. Smith, Elder & Co., Londres, 1: 41–64.

Owen, R. 1840. Fossil Mammalia (4). En: C. Darwin (Ed.), *Zoology of the voyage of H. M. S. Beagle*. Smith, Elder & Co., Londres, 1: 81–111.

Pascual, R., Ortega Hinojosa, E. J., Gondar, D. y Tonni, E. P**.** 1965. Las Edades del Cenozoico mamalífero de la Argentina con espacial atención a aquellas del territorio bonaerense. *Anales de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires* 6: 165–193.

Pascual, R., Ortega Hinojosa, E. J. y Tonni, E. P. 1966. *IV. Vertebrata*. En: A.V. Borrello (Ed), *Paleontografía Bonaerense*, Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, La Plata, p. 1–202.

Pemberton, S. G. y Frey, R. W. 1982. Trace fossil nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* dilema. *Journal of Paleontology* 56: 843–881.

Pérez-Arlucea, M. y Smith, N.D. 1999. Depositional patterns following the 1870´s avulsion of the Saskatchewan River (Cumberland Marshes, Saskatchewan). *Journal of Sedimentary Research* 69: 62–73.

Quintana, C. A. 1992. Estructura interna de una paleocuevas, posiblemente de un Dasypodidae (Mammalia, Xenarthra), del Pleistoceno de Mar del Plata (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Ameghiniana* 29: 87–91.

Quintana, C. A. 1996. Diversidad del roedor *Microcavia* (Caviomorpha, Caviidae) de America del Sur. *Mastozoología Neotropical* 3: 63–86.

Reig, O. A. 1958. Notas para una actualización del conocimiento de la fauna de la Formación Chapadmalal. I Lista faunística preliminar. *Acta Geológica Lilloana* 2: 214–253.

Retallack, G. J. 2001. *Soils of the past. An introduction to Paleopedology*. Blackwell Science Ltd.,Londres, 404 p.

Sauer, W. 1955. *Coprinisphaera ecuadorensis*, un fósil singular del Pleistoceno. *Boletín del Instituto de Ciencias Naturales de Ecuador* 1: 123–132.

Soibelzon, E. 2008. [*Los mamíferos del Ensenadense (Pleistoceno Inferior a Medio) del este de la región pampeana, con énfasis en los Xenarthra. Bioestratigrafía, diversidad y correlaciones bioestratigráficas*. Tesis doctoral 955, Universidad de La Plata, 220 p. Inédita].

Soibelzon, L. H., Pomi, L. H., Tonni, E. P. Rodriguez, S. y Dondas, A. 2009. First report of a South American short-faced bears´den (*Arctotherium augustidens*): paleobiological and paleoecological implications. *Alcheringa* 33: 211–222.

Stanley, K. O. y Fegerstrom, J. A. 1974. Miocene invertebrate trace fossils from a braided river environment, western Nebraska, U.S.A. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 15: 63–82.

Teruggi, M.E., Andreis, R. H., Mazzoni, M.M., Dalla Salda, L.H. y Spalletti, .L .A. 1974. Nuevos criterios para la estratigrafía del Cuaternario de las barrancas de Mar del Plata – Miramar. *Anales del LEMIT* 2 68: 135–148.

Verde, M., 1999. Paleobiología de los icnofósiles de la Formación Sopas (Lujanense, Pleistoceno Superior) del Uruguay. *1as Jornadas del Cenozoico en Uruguay* (Montevideo), *Resúmenes*, p. 35–36.

Verde, M., Ubilla, M., Piñeiro, G., Perea, D. y Martnez, S., 1998. Icnología de la Formación Sopas (Lujanense, Pleistoceno Superior) del Uruguay. *3a Reunión Argentina de Icnología y 1a Reunión de Icnología del Mercorur* (Mar del Plata)*, Resúmenes,* 31: 28.

Verde, M., Genise, J.F., Ubilla, M. y Jiménez, J.J. 2002. Cámaras de estivación de lombrices en sedimentos del Pleistoceno tardío de Uruguay (Formación Sopas), implicancias icnológicas y paleoambientales. *2as Jornadas Uruguayas del Cenozoico* (Montevideo), *Actas* 87: 56.

Verde, M., Genise, J.F., Ubilla, M. y Jiménez, J.J. 2004. Earthworm aestivation chambers in the Sopas Formation (Late Pleistocene), Uruguay. *Ichnia 2004, 1st International Congress on Ichnology* (Trelew)*, Abstract Book* 81: 83.

Verde, M., Ubilla, M., Jiménez, J. J. y Genise, J. F. 2007. A new earthworm trace fossil from paleosols: aestivation chambers from the Late Pleistocene Sopas Formation of Uruguay. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 243: 339–347.

Vialov, O. S. 1962. Problemática of the Beacon Sandstone at Beacon Heights, West Antartica. *New Zeland Journal of Geology and Geophysics* 5: 718–732.

Vizcaíno, S., Zárate, M., Bargo, M. S. y Dondas, A. 2001. Pleistocene burrows in the Mar del Plata area (Argentina) and their probable builders. *Acta Palaeontologica Polonica* 46: 289–301.

Zárate, M. A. 1989. [*Estratigrafía y geología de los acantilados marinos comprendidos entre Playa San Carlos y Arroyo Chapadmalal*. Tesis Doctoral 556, Universidad Nacional de La Plata, 220 p. Inédita]

Zárate, M. A. 2005. El Cenozoico tardío continental de la provincia de Buenos Aires. En: R. E.de Barrio, M.F. Caballé E. Llambías (Eds.), *Geología y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del 16º Congreso Geológico Argentino* (La Plata), p. 139–158.

Zárate, M.A. y Fasano, J.L. 1989. The Plio-Pleistocene record of central eastern pampas, Buenos Aires province, Argentina. The Chapadmalal case study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 72: 27–52.

Zárate, M. A., Bargo, M. S., Vizcaíno, S. F., Dondas, A. y Scaglia, O. 1998. Estructuras biogénicas en el Cenozoico tardío de Mar del Plata (Argentina) atribuibles a grandes mamíferos. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 5: 95–103.

doi: 10.5710/AMGH.24.07.2012.495

Recibido: 2 de mayo de 2011

Aceptado: 24 de julio de 2012