

6 > Registro fósil de la Puna

Babot, M. Judith^{1,2}; Guillermo Aceñolaza^{3,4}; Hugo Alfredo Carrizo¹; Daniel A. García-López^{3,4}

¹ Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. jubabot@gmail.com

² CONICET.

³ Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Miguel Lillo 205, (T4000JFE) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

⁴ INSUGEO, Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET. Tucumán.

► **Resumen** — Las referencias de restos fósiles de la Puna son escasas; las más diversas y abundantes incluyen mayormente fauna paleozoica constituida principalmente por trilobites, graptolites, conodontes, trazas y en menor medida se registran foraminíferos, braquiópodos, esponjas, moluscos, briozoos y cnidarios. Los datos florísticos paleozoicos son también escasos y no están analizados en detalle, a excepción de criptoesporas ordovícico-silúricas. Las rocas sedimentarias mesozoicas expuestas en la región están virtualmente desprovistas de elementos bióticos asociados. Escasos restos de cianobacterias, foraminíferos, ostrácodos, equinodermos, moluscos y peces fueron citados para depósitos jurásicos y cretácicos. El contenido paleontológico cenozoico incluye principalmente vertebrados del Eoceno tardío cuyo grupo más significativo y mejor conocido lo constituyen los mamíferos. Entre estos, los más diversos son los Metatheria y los euterios Notoungulata y Cingulata que en algunos casos indican un regionalismo marcado en relación a la fauna coetánea de unidades eocenas próximas, mientras que en otros evidencian una asociación de fauna relacionada a diversos taxones de distribución temporal y geográfica más amplia. Son también llamativas las huellas de aves miocenas y pleistocenas y los restos óseos de fauna pliocena y pleistocena. En el contexto regional, la Puna limita con provincias morfotectónicas muy ricas en contenido fósil; en este marco, la intensificación y sistematización de las prospecciones paleontológicas y el estudio detallado del material ya recuperado proveerá evidencia relevante para comprender o reinterpretar diversos aspectos de la evolución de parte de la biota sudamericana en estas latitudes.

Palabras clave: Noroeste argentino, Paleozoico, Cenozoico.

► **Abstract** — “The fossil record of the Puna”. Fossil references are scarce for the Puna; the most diverse and abundant materials include mainly Paleozoic fauna from Cambrian, Ordovician, Silurian, and Permian rocks represented by trilobites, graptolites, conodonts, and associated trace fossils. Other records include foraminifers, brachiopods, sponges, molluscs, bryozoans, cnidarians, and crinoids. The Punaean paleofloristic records are scarce and poorly studied, except for Ordovician and Silurian cryptospores from western Puna. The Mesozoic sedimentary units are almost devoid of fossil content, with meager elements assigned to cyanobacteria, foraminifers, ostracods, echinoderms, molluscs, and fishes cited from the Jurassic and Cretaceous. The Cenozoic fossil data include mainly late Eocene vertebrates, among which the best known are mammals. The most diverse mammalian groups recorded are Metatheria and the eutherian Notoungulata and Cingulata (Xenarthra). Some of these clades exhibit some degree of regionalism in relation to the contemporary fauna of geographically close Eocene units. Others fossils reveal a faunistic association allied to geographically distant taxa. The Cenozoic record also includes Miocene and Pleistocene trace fossils assigned to aquatic birds and Pliocene and Pleistocene mammalian osseous materials. In a regional context, the Puna is bounded by morphotectonic provinces distinguished by their high paleontological content; the intensification and systematization of paleontological surveys and the detailed study of fossil material previously exhumed in this plateau will provide relevant evidence for understanding or reinterpreting diverse aspects of the evolution of the South American biota in these subtropical latitudes.

Keywords: Northwestern Argentina, Paleozoic, Cenozoic.

INTRODUCCIÓN

Las formaciones sedimentarias de la Puna están representadas por vastos afloramientos en los cuales se han identificado diversos niveles fosilíferos (Figura 1). Sin embargo, a pesar de la gran extensión geográfica de estas unidades, el volumen de información paleontológica es escaso y está geográficamente restringido en relación a las provincias morfotectónicas que la limitan (e.g., Cordillera Oriental, Sierras Pampeanas Septentrionales, Sistema de Famatina). Una de las razones que explica este hecho es que, dado el aislamiento geográfico, sus unidades potencial y efectivamente fosilíferas han sido poco exploradas en comparación con aquéllas más cercanas a los principales centros urbanos del noroeste argentino, en las cuales se han concentrado históricamente los esfuerzos de muestreo (e.g., valles Calchaquíes, valle de Lerma, quebrada de Humahuaca). Por otro lado, sedimentos derivados de la actividad volcánica que caracterizó los últimos 20 millones de años cubrieron extensas áreas de afloramientos que podrían ser potencialmente fosilíferos. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, desde hace varias décadas diversos investigadores realizan esfuerzos concretos que han contribuido significativamente a comprender la evolución de la biota de esta región durante gran parte del Fanerozoico.

El contenido fósil de los sedimentos expuestos en la Puna ha sido objeto de mención desde el siglo XIX, inicialmente como resultado de expediciones mineras/geológicas y a partir de la década de 1970, como consecuencia de campañas paleontológicas. El registro abarca tanto macrofósiles (i.e., visibles al ojo humano: plantas, invertebrados, vertebrados y huellas fósiles), como microfósiles que incluyen formas microscópicas como palinomorfos (e.g., esporas, granos de polen, cutículas), partes del aparato bucal de conodontos (cordados primitivos), tentaculídeos (animales marinos de pequeño tamaño con conchillas cónicas) y espículas de esponjas (Aceñolaza y Toselli, 1971; Aceñolaza *et al.*, 1972a, b; Alonso *et al.*, 1980; Pascual,

1983; Bahlburg *et al.*, 1990; Moya *et al.*, 1993; Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996; López, 1997; Goin *et al.*, 1998; Aceñolaza, 2002; Benedetto, 2003; Rubinstein y Vaccari, 2004; Azcuy *et al.*, 2007; Tortello *et al.*, 2008; Alonso, 2012; Babot *et al.*, 2012; García-López y Babot, 2015; Ciancio *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista temporal, los taxones mencionados corresponden principalmente a formas paleozoicas (que habitaron la Puna entre ~ 541 y 252 millones de años [Ma]) restringidas en su mayoría a ambientes marinos, y a formas cenozoicas que habitaron ambientes continentales (algunos con influencia fluvial y lacustre) los últimos 46 millones de años. Los registros mesozoicos (restringidos al lapso entre ~190 y 66 Ma) son poco frecuentes debido a la escasez de sedimentitas triásicas y jurásicas y al ámbito restringido de desarrollo de los depósitos del Grupo Salta del Mesozoico superior, los cuales en regiones limítrofes (Cordillera Oriental) contienen una diversidad marcada de vertebrados cretácicos (e.g., cocodrilos, dinosaurios, aves). Las menciones correspondientes a invertebrados y paleoflora se concentran principalmente en las unidades paleozoicas, mostrando ciertas singularidades de carácter regional. El registro cenozoico en cambio, corresponde en su amplia mayoría a mamíferos fósiles, entre los que se destacan los representantes de asociaciones paleógenas que evolucionaron aproximadamente entre los 38 y los 34 Ma, intervalo temporal cercano al límite Eoceno/Oligoceno. Los taxones más comúnmente aquí representados son Metatheria (grupo que incluye los marsupiales actuales y sus más primitivos ancestros) y los euterios Notoungulata (ungulados sudamericanos cenozoicos actualmente extintos) y Cingulata (armadillos actuales, grupos extintos relacionados y todos sus ancestros).

En este capítulo se brinda una síntesis de los principales datos paleontológicos recabados para la región, indicando los taxones registrados y su relevancia en el contexto de las biotas fósiles de América del Sur. Las asociaciones aquí detalladas se encuadran además en un contexto geológico variado,

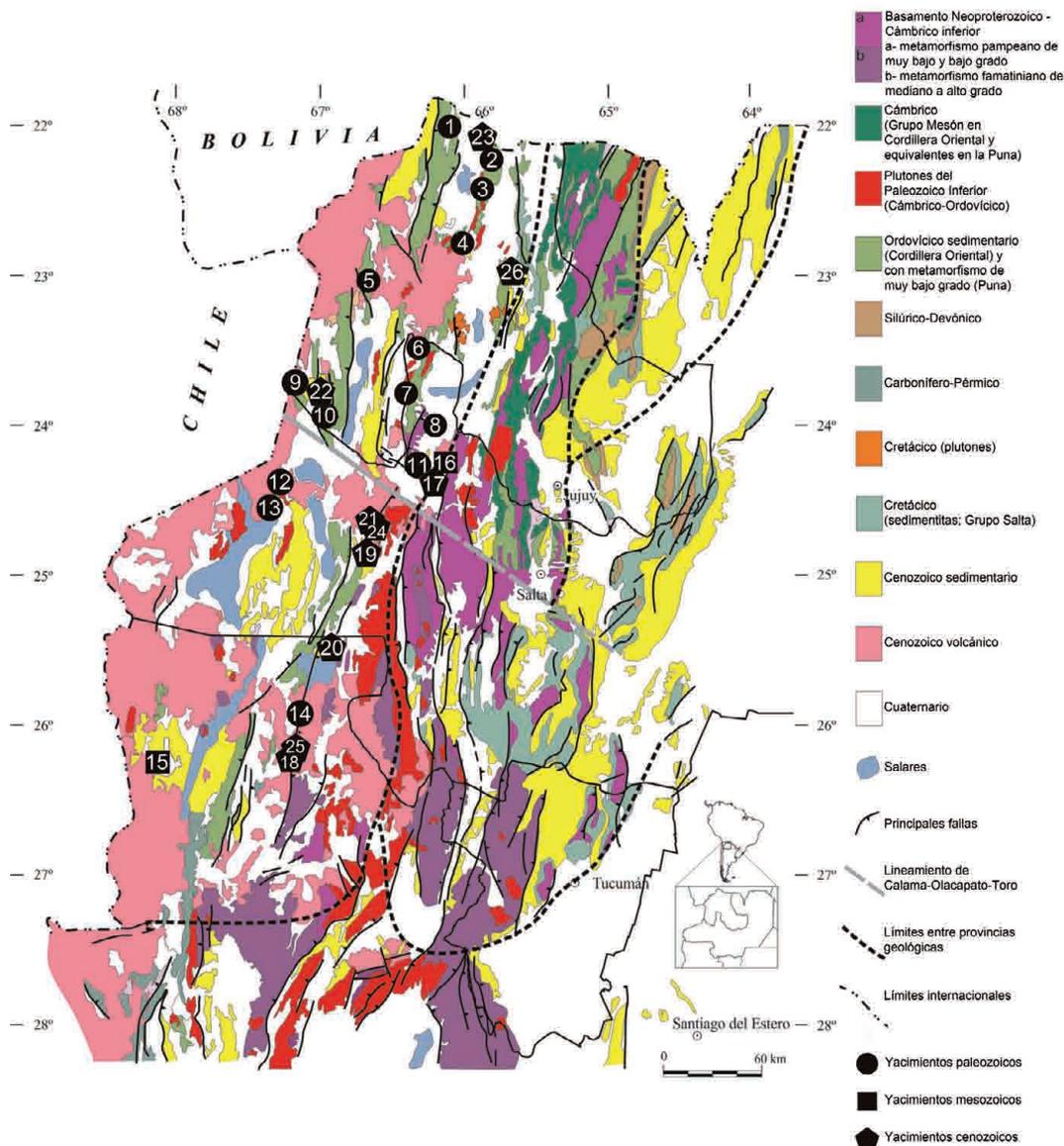


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades fosilíferas de la Puna (modificado de Mon y Salfity, 1995 y Hongn *et al.*, en este volumen). 1. Santa Catalina/sierra de Rinconada (Jujuy); 2. Cordón de Escaya/Tafna/Cieneguillas/La Quiaca (Jujuy); 3. Queta/sierra de Cochinoqa/Escaya (Jujuy); 4. Quichagua/Muñayoc (Jujuy); 5. Sierra de Lina (Jujuy); 6. Susques/sierra Cobres (Jujuy); 7. Huancar/Taique/sierra Cobres (Jujuy); 8. Cangrejillos (Jujuy); 9. Aguada de la Perdiz/Huaytiquina (Jujuy); 10. Catua (Jujuy/Salta); 11. San Antonio de los Cobres (Salta); 12. Lari, Las Vicuñas, salar del Rincón, cerro Oscuro (Salta); 13. Vega Pinato/Arizaro (Salta); 14. Falda Ciénaga (Catamarca); 15. Salar del Fraile (Catamarca); 16. Paraje Los Patos (Salta); 17. Corte Blanco (Salta); 18. Antofagasta de la Sierra (Catamarca); 19. Quebrada El Paso, cercanías del salar de Pozuelos (Salta); 20. Salar del Hombre Muerto (Salta); 21. Salar de Pastos Grandes (Formación Sijes; Salta); 22. Afloramientos cenozoicos en las cercanías de Catua (Salta/Jujuy); 23. Calahoyo y cuenca del río Casira (Jujuy); 24. Salar de Pastos Grandes (Formación Blanca Lila; Salta); 25. Sitios arqueológicos Peñas de las Trampas y Cacao 1A (Catamarca); 26. Barro Negro, Tres Cruces (Jujuy).

donde el territorio puneño es el resultado de una evolución ambiental compleja, con diversos ambientes que representan fondos marinos, lagos, ríos y ambientes volcánicos y continentales que le imprimen características únicas a la región. La información referida a esta evolución ambiental, que se expone con detalle en los primeros capítulos de este volumen (Hongn *et al.* y Grosse y Guzmán, en este volumen), se sintetiza a continuación.

En líneas generales, hacia finales del Proterozoico y durante el Paleozoico (es decir, entre los 560 Ma hasta los 252 Ma) en el actual territorio de la Puna se conformaron en diferentes épocas, depresiones (cuencas o depocentros) y terrenos positivos que no recibieron el aporte de material sedimentario. Las cuencas fueron invadidas por mares donde se acumularon depósitos de plataforma continental con participación volcanogénica variable (principalmente entre el Neoproterozoico y el Ordovícico) o por sedimentos continentales (e.g., Cuenca de Arizaro desarrollada durante el Paleozoico Tardío). Hacia finales del Mesozoico se formó en el noroeste argentino la cuenca del Grupo Salta que acumuló sedimentos principalmente continentales (fluviales y lacustres) que recibieron aporte de una ingresión marina somera ocurrida a finales del Cretácico. Los depósitos de esta cuenca, más desarrollados en la Cordillera Oriental, son aislados y escasos en la Puna y están restringidos principalmente a la Puna jujeña.

En el Cenozoico, específicamente a partir del Eoceno, la Puna comenzó a conformarse como una meseta de altura, aunque sin alcanzar aún las características geológicas y ambientales actuales. A partir del Neógeno (los últimos 23 Ma) y como consecuencia del ascenso de la Cordillera de los Andes, se intensificó la actividad tectónica y el levantamiento de la meseta. Asociado a este proceso, se incrementó notablemente la actividad volcánica con dispersión de material de variada constitución en la mayor parte de la Puna. Paralelamente, a partir del Neógeno evolucionaron nuevas cuencas que recibieron el aporte de sedimentos fluviales o fueron anegadas formando lagos y salares y

adquiriendo hacia mediados de este período, un aspecto similar al actual, de mayor aridez y drenaje endorreico. En los últimos millones de años la Puna continuó recibiendo influencia de la actividad volcánica a la que se sumaron los efectos geomorfológicos de los cambios climáticos generados por las glaciaciones del Pleistoceno.

REGISTRO PALEOFLORESTICO

La revisión de los registros de mega y microflore fósil de la Puna deja en evidencia la escasez de datos paleoflorísticos para la región (Carrizo, en prep.). A esto se suma que sólo algunos de ellos presentan un control estratigráfico preciso y estudios taxonómicos detallados. Entre éstos, los más significativos corresponden a palinomorfos (principalmente esporas de primitivas plantas terrestres) hallados en el miembro superior de la Formación Salar del Rincón (Ordovícico Tardío-Silúrico Temprano), interpretado como un paleoambiente litoral marino. Estos microfósiles están representados mayormente por criptoesporas (elementos de propagación de las más antiguas plantas terrestres) que, aunque similares a otras globalmente distribuidas, corresponden a uno de los pocos registros sudamericanos para este tipo de palinomorfos (Rubinstein y Vaccari, 2004). Algunos de los taxones reconocidos son *Cheilotetras* sp., *Imperfectotriletes patinatus*, *Pseudodyadospora petasus*, *Rimosotetras problematica*, *Segetrespora laevigata*, *Sphaerasaccus glabellus*, *Velatitetras laevigata*, *Vestitusdyadus qalibahinus*, *Laevolancis chibrikovae* y *Tetraedraletes medinensis*. Junto a esta asociación de origen terrestre fueron hallados además elementos marinos tales como acritarcos (microestructuras de origen orgánico y de afinidades desconocidas) y algas verdes (e.g., *Dactylofusa estillis*, *Evittia remota*, *Eupoikilofusa ctenista*, *Leiofusa tumida*, *Multiplicisphaeridium arbusculum* y *Veryhachium oklahomense*, entre otros) y quitinozoos (*Angochitina* sp.) (Rubinstein y Vaccari, 2004; Rubinstein, 2010; Vaccari *et al.*, 2010). Por otro lado, en la Formación Cerro Oscuro Aceñolaza *et al.* (1972a) determinaron la

presencia de probables helechos con semilla asignados al género *Fedekurtzia* (PteridospERMOPHYTA?) que se incluye en la Fitozona *Notorhacopteris-Botrychiopsis-Ginkgophyllum* emend. Azcuy *et al.* (2011), Superfitozona *Notorhacopteris* (Carrizo y Azcuy, 2015) del Carbonífero tardío de Argentina. Finalmente, aunque sin control estratigráfico preciso, se menciona en la Formación Patquía? la existencia de moldes de fragmentos de raíces o tallos asignados a "*Lepidodendron*" sp. y "*Sigillaria*" sp. (Pérmico?) (Vogellehmer en Kraemer *et al.*, 1999: 162). Hasta el momento, estos últimos registros de megaflores fósiles neopaleozoicas indican cierta distribución regional, hipótesis que podría confirmarse con el enriquecimiento de colecciones, lo cual permitirá la comparación con otras asociaciones neopaleozoicas de Argentina y del ámbito gondwánico de América del Sur.

Los registros paleoflorísticos mesozoicos se restringen a cianobacterias jurásicas (*Rivularia* sp.) provenientes de depósitos expuestos en las cercanías del salar del Fraile Catamarca (Seggiaro *et al.*, 2004) y a estromatolitos (producto de la actividad de estos microorganismos) registrados en la Formación Yacoraite expuesta al oeste de San Antonio de los Cobres (Marquillas y del Papa, 1993). El registro cenozoico carece de datos relevantes, a excepción de hallazgos de diatomeas citadas por Pratt (1961) en el Miembro Monte Esperanza de la Formación Sijes (Alonso, 1992). De los 31 morfotipos que incluyó inicialmente Pratt, ocho corresponden a especies actualmente válidas (*e.g.*, *Amphora commutata*, *A. ovalis*, *Caloneis bacillum*, *Mastogloia elliptica*) y 11 fueron asignadas a especies o géneros distintos (*e.g.*, *Halamphora coffeaformis*, *Cymbopleura hauckii*, *Fallacia pygmaea*). El resto corresponde a formas que figuran en la lista original pero cuya identidad taxonómica no pudo corroborarse (N. Maidana, com. pers.).

A pesar de la escasez del registro paleoflorístico, la existencia de afloramientos de rocas sedimentarias continentales potencialmente aptas para la preservación de plantas, el grado de preservación de los especímenes hallados y la diversidad de ci-

tas referidas a megaflores fósiles (no revisadas aún en profundidad) en diversas localidades (Carrizo, en prep.), permiten inferir que la paleoflora de la Puna es probablemente más rica de lo que se conoce.

REGISTRO FAUNÍSTICO

LA FAUNA PALEOZOICA PUNEÑA Y SU CONTEXTO PALEOAMBIENTAL

El Paleozoico sedimentario de la Puna argentina constituye mayormente el zócalo estratigráfico (parte inferior de la secuencia rocosa) de la región y se encuentra representado por rocas de diferentes edades y características genéticas, asociadas a un peculiar contexto paleoambiental. Éste se caracterizó por un volcanismo activo desarrollado hace más de 400 millones de años en el margen de una plataforma marina somera que se abría hacia el oeste. En términos generales, este basamento litológico está representado —en las sucesiones del Paleozoico temprano— por sedimentitas marinas silicoclásticas con variada participación volcanogénica, las cuales son cubiertas de manera muy localizada en su margen suroccidental por rocas neopaleozoicas continentales que representan ambientes marino-marginales (Turner, 1964; Caminos, 1999; González Bonorino *et al.*, 1999; Azcuy y di Pascuo, 2000; Astini, 2003; Coira y Zappettini, 2008, y referencias allí citadas).

A efectos de interpretar de manera integradora la información faunística de la región, se citan las asociaciones marinas paleozoicas de la Puna en el marco de su contexto geológico regional y paleoambiental, el cual constituye un destacado condicionante biótico. Asimismo, se presenta su contexto cronoestratigráfico de referencia en el marco de la subdivisión de Puna norte y sur definida originalmente por Bahlburg (1990), con sus complementos y modificatorias posteriores (Coira *et al.*, 1999; Astini, 2003; Coira y Koukharsky, 2003).

Es en la Puna norte donde se reconoce el mayor número de referencias paleozoicas (Figura 1), y desde un punto de vista cronológico, es donde se presentan los fósiles

más antiguos de la región. En cercanías a la localidad de San Antonio de los Cobres (Salta), la sucesión asignada a la Formación Puncoviscana (Neoproterozoico tardío-Terreneuviano) que aflora en El Angosto exhibe una asociación de pistas fósiles incluidas en areniscas finas y pizarras (Figura 2). En este caso se destaca el hecho de que la distribución y caracteres morfológicos de las pistas están vinculados estrechamente a la interacción de determinados organismos productores y los paleoambientales presentes al momento de su generación, existiendo una clara relación entre el tipo de organismo productor de la pista y el marco ambiental donde habitaba. En esta localidad se reconocen a nivel icnogénico a *Oldhamia*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*, *Palaeophycus*, *Cochlichnus*, *Diplichnites*, *Dimorphychnus*, *Didymaulichnus* y *Circulichnis*, mientras que en las facies más gruesas de areniscas con abundantes estructuras sedimentarias (calcos de flujo, carga y ondulitas) se destacan pistas fósiles asignadas a *Palaeophycus*, *Helminthopsis*, *Diplichnites* y *Thalassinoides*. Asimismo, y tal como es de esperarse en ambientes marinos de escasa profundidad, es frecuente el registro de variadas estructuras en rocas que habrían tenido un origen microbiano, las cuales hoy se reconocen como destacados elementos en la paleoecología de los mares someros de la transición precámbrica-cámbrica, hace aproximadamente 540 Ma (Aceñolaza y Aceñolaza, 2005, 2007, y referencias allí citadas).

En la sierra de Cobres se localiza el Grupo homónimo, en cuyo sector inferior se reconoce a la Formación Taique (de edad tremadociana, ~ 480 millones de años de antigüedad) con una variada fauna de trilobites (artrópodos primitivos), entre los que se reconocen *Parabolina* (*Neoparabolina*) sp., *Leiostegium douglasi* (Vaccari et al., 1999) y *Onychopyge* sp. que se incluyen en la denominada biozona de "*Parabolina argentina*", muy característica en el margen andino de América del Sur. Entre otros, se reconoce también la presencia del braquiópodo *Aphenoorthis samensis* que ratifica una edad tremadociana para la Formación Taique. Desde

el punto de vista temporal, esta unidad es parcialmente equivalente a la base del Grupo Santa Victoria, de amplia distribución en la Cordillera Oriental. En la Formación Taique y la subyacente Matancilla, Bahlburg (1990) mencionó la presencia del icnofósil *Cruziana* en la base de sus niveles arenosos, de la misma manera que Aceñolaza (2002) dio a conocer *Cruziana semiplicata* en cuarcitas asignadas a la Formación Potrerillos. Particularmente para el flanco occidental de esta misma sierra de Cobres se han identificado graptolites asignados a *Didymograptus* sp. (Schwab, 1973).

Un poco más al norte, en el cordón de Escaya y en cercanías a la localidad de Tafna (Jujuy), Loss (1948) mencionó la presencia de graptolites, trilobites y cefalópodos del Ordovícico Inferior (con la presencia de *Tetragraptus*, *Didymograptus* y "*Endocerathides*") que corresponderían a la zona de "*Baltograptus* cf. *B. deflexus*" del Floiano-Darriwiliano. En la cercana cuesta de Toquero han sido descritas graptofaunas del Dapingiano-Darriwilliano por Gutiérrez-Marco et al. (1996) que definieron la biozona de *Undulograptus austrodentatus* para los niveles más jóvenes de este sector (Brussa et al., 2008). Se destaca en esta área de la sierra al particular trilobite telefnido *Carolinites* que se reconoce en niveles arenoso-pelíticos cercanos a la localidad de Tafna (Gutiérrez-Marco et al., 2012). Hacia el sur, al oeste de Abra Pampa, otros niveles del Complejo Magmático-Sedimentario Cochino-Escaya presentan asociaciones de graptolites que son asignadas a la zona de *Didymograptellus bifidus* del Floiano tardío.

Hacia el oeste puneño, e incluidas en el Complejo Turbidítico de la Puna aflorante en la sierra de la Rinconada, se reconocen secuencias con graptolites asignados a *Pseudoamplexograptus* cf. *P. distichus* y *Dicellograptus salopiensis* que señalan una edad darriwiliana tardía para los niveles portadores (Toro y Brussa, 2003; Toro et al., 2006).

En los estratos del Ordovícico Medio aflorantes en la sierra de Lina se ha identificado una fauna de graptolites integrada por *Eoglyptograptus* cf. *E. dentatus*, *Glossograptus*

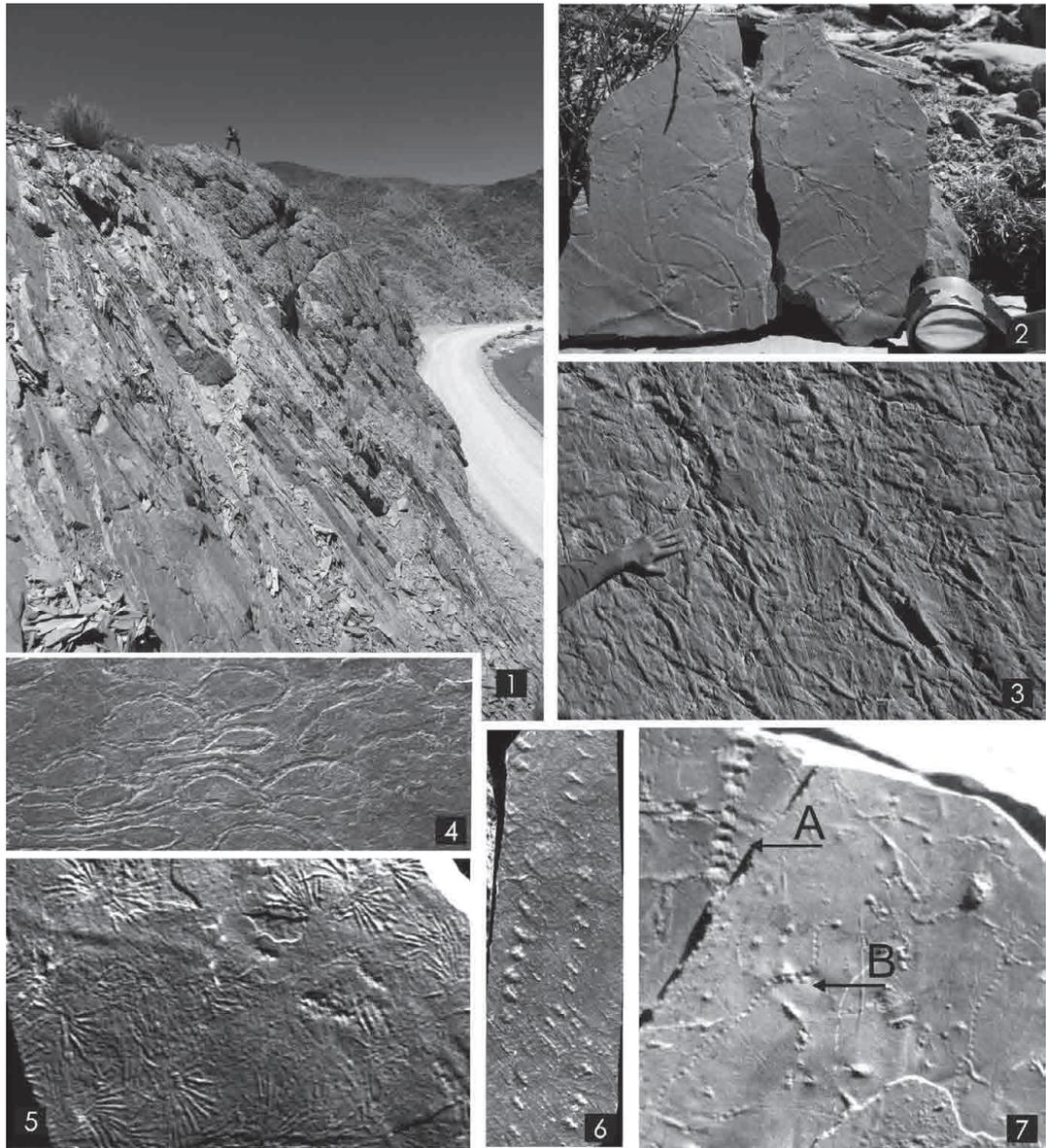


Figura 2. Afloramientos rocosos de San Antonio de Los Cobres y algunos icnofósiles puneños allí identificados. **1.** El Angosto, en cercanías al puente ferroviario al sur de la localidad; **2.** Huellas fósiles en las capas de una arenisca fina (molde y contramolde una vez abierta la roca); **3.** Nivel arenoso con abundantes ejemplares de huellas fósiles que representan galerías de gran tamaño asignadas a *Thalassinoides* isp.; **4.** *Nereites saltensis* (non. *Psammichnites saltensis*, x 0,4); **5.** Huella fósil asignada a la icnoespecie *Oldhamia radiata* (x 0,6); **6.** Huella de apéndices locomotores asignadas a *Tasmanadia cachii* (x 1); **7.** Superficie de una capa con abundantes huellas fósiles producidas por organismos bentónicos que se alimentaban en el sustrato marino A. *Neonereites biserialis* y B. *Nereites uniserialis*. La totalidad de los ejemplares figurados provienen de la Formación Puncoviscana y de una localidad clásica para los estudios de huellas fósiles primitivas en el NOA.

hincksii fimbriatus, *Glyptograptus* (*Oelandograptus* sp.?), *Pseudamplexograptus* cf. *P. distichus*, *Archiclimatograptus* sp., *Oelandograptus?* sp. y *Hustedograptus?* (Ramos, 1972; Aceñolaza y Baldis, 1987; Ortega et al., 2011).

En la sierra de Quichagua (Muñayoc), la secuencia volcanoclástica presente está asociada a niveles portadores de graptolitos de la zona de *Didymograptellus bifidus* que se correlacionó con los niveles aflorantes en la localidad de Huaytiquina en la Puna occidental (Monteros et al., 1996; Martínez et al., 1999). Benedetto et al. (2002 y bibliografía allí citada) describieron para la Formación Chiquero en la región de Susques-Huancar, dos asociaciones de graptolites, una compuesta por *Kiaerograptus* cf. *K. kiaeri*, *Clonograptus* sp. y *Paradelograptus*, y la otra por *Hunnegraptus copiosus*, *Tetragraptus* sp. y *Paradelograptus* sp. que definen la zona de *H. copiosus* de edad tremadociana tardía. Los icnofósiles de esta unidad en Susques han sido considerados en dos icnoasociaciones, pre y post-depositacionales, identificándose *Bergaueria* isp., *Helminthoidichnites tenuis*, *Lockeia* isp., *Lorenzina plana*, *Megagraptus irregulare*, *Multina magna*, *Palaeophycus tubularis*, *Paleodictyon* isp., *Protovirgularia* isp. y *Treptichnus* isp.?

En el borde occidental de la Puna norte, incluida en la Formación Aguada de La Perdiz (de edad floiana tardía) se registra una asociación de graptolitos donde se destaca la presencia de *Didymograptellus bifidus*, *Azyograptus* y *Tetragraptus* entre otros, secuencia que junto a las formaciones Las Vicuñas y Tolillar conforman el Complejo Volcanosedimentario de la Puna occidental (Bahlburg, 1990; Monteros et al., 1996; Zimmermann y Bahlburg, 2003, y bibliografía allí citada). En los alrededores de la localidad limítrofe de Huaytiquina y Catua se han reconocido niveles equivalentes a estas unidades con graptolites endémicos de una diversidad muy baja que no permiten su correlación a biozonas concretas (Gutiérrez-Marco et al., 1996). Estos fueron preliminarmente asignados a la biozona de *Azyograptus eivionicus* por Erdtmann (en Breitskreuz, 1986).

Complementando el registro anterior, ya en la Puna sur, se reconoce en la Formación Las Vicuñas (Tremadociano) la presencia de coquinas trilobíticas que a nivel genérico registran *Asaphellus*, *Geragnostus*, *Kainella*, *Shumardia*, *Pareuloma* y *Onychopyge*, junto a graptolites como *Staurograptus*, *Rhabdinopora* y conodontes asignados a la zona de *Cordylodus lindstromi* (Moya et al., 1993; Rao et al., 2000; Brussa et al., 2008).

En Vega Pinato y Lari, las secuencias son portadoras de una variada fauna fósil compuesta por trilobites (*Leiostrigium douglasi*, *Kainella?*, *Pseudokainella* n. sp., *Gymnagnostus* sp., *Micragnostus* sp., *Geragnostus* aff. *G. intermedius*, *Shumardia* sp. aff. *S. alata*, *Pareuloma* sp., *Angelina* sp., *Parabolinella argentinensis*, *Rossaspis rossi*, *Amzaskiella*, *Asaphellus* sp. aff. *A. communis*, *Asaphellus communis*, *Conophrys*, *Australoharpes*, *Onychopyge* sp., *Pharostomina?* sp., y *Bellaspideilla*) y braquiópodos (*Trigonostrophia*, *Pinatotechia* y *Rugostropia*) (Issacson et al., 1976; Moya et al., 1993; Koukharsky et al., 1996; Brussa et al., 2008, y bibliografía allí citada). Se destaca asimismo el registro de esponjas exactinélidas asignadas a *Larispongia magdalenae* en los estratos de la Formación Las Vicuñas (Carrera, 1998) y la mención de un posible ostrácodo en esta secuencia (Salas y Vaccari, 2012). El sector medio de la Formación Salar del Rincón registra *Chattiaspis* y cf. *Eohomalonotus* (Trilobita), mientras que del sector superior se ha recuperado una asociación de cripto esporas mencionadas en la sección referida a la paleoflora de la Puna. La combinación de ambas asociaciones sugiere una edad que incluye el intervalo transicional Ordovícico/Silúrico (Benedetto y Sánchez, 1990; Malanca y Moya, 1998; Rubinstein y Vaccari, 2004).

Zimmermann et al. (1999) mencionaron la presencia del graptolite *Araneograptus murrayi* en la base de la Formación Tolillar en la Puna austral y asignaron a estos niveles una edad La2 / Hunnebergiano temprano (Tremadociano tardío; Ordovícico).

Los datos fosilíferos puneños más australes constituyen los de Aceñolaza et al. (1976) y Zimmermann et al. (1998), quienes dieron

a conocer la presencia de *Glossograptus* sp. y *Phyllograptus* sp. en la Formación Falda Ciénaga (Ordovícico Medio) del oeste catamarqueño, incluidas en una sucesión dominada por areniscas feldespáticas cuarzosas, ya sin la participación de material volcánico ni volcanogénico (Zimmermann *et al.*, 2002).

El registro de fósiles paleozoicos se complementa con el material hallado en los estratos asignados al Paleozoico tardío, los cuales se presentan en el marco de la denominada Cuenca de Arizaro y están representados por las formaciones Cerro Oscuro y Arizaro, ambas aflorantes en la zona norte del salar de Arizaro (Aceñolaza *et al.*, 1972a). Ambientalmente la Formación Cerro Oscuro (Carbonífero) constituye una unidad silicoclástica continental, con pelitas, areniscas y conglomerados asociados genéticamente a abanicos aluviales que evolucionan a sistemas fluviales (Donato y Vergani, 1985, y bibliografía allí citada); su registro fósil incluye el icnofósil *Didymaulichnus lyelli* (Aceñolaza y Buatois, 1991). Por sobre la unidad anterior se dispone la Formación Arizaro (Pérmico), que constituye una sucesión clástico-piroclástico-carbonático de origen marino somero, que ha brindado briozoos, braquiópodos, gasterópodos, bivalvos, cnidarios, crinoideos, peces y foraminíferos que sugieren las Series Cisuraliano y Guadalupiano (Pérmico temprano a medio) (Benedetto, 1973; Coira y Zappettini, 2008).

FAUNA MESOZOICA

Las unidades sedimentarias mesozoicas expuestas en la Puna están pobremente representadas y son reducidas en área, a excepción de las sedimentitas del Grupo Salta que afloran en una superficie relativamente mayor (ver Hongn *et al.*, en este volumen). No se conocen elementos faunísticos del Mesozoico temprano y medio, salvo restos de foraminíferos (*Psammosphaera* sp.), equinodermos y ostrácodos hallados en unidades jurásicas aflorantes al noroeste del salar del Fraile, Catamarca (Figura 1) (Seggiaro *et al.*, 2004). En la Puna, el Mesozoico tardío (representado por las unidades cretácicas

del Grupo Salta) carece de registros fósiles mayores; los materiales recuperados hasta el momento incluyen gasterópodos, bivalvos y peces hallados en las cercanías del paraje Los Patos y Estación Muñano, en niveles de la Formación Yacoraite (Cione *et al.*, 1985; Marquillas *et al.*, 1988; R. Alonso, com. pers.) que se expone al este de San Antonio de los Cobres. Sin embargo, la presencia de vertebrados cretácicos es esperable teniendo en cuenta el abundante material hallado en unidades del Mesozoico tardío expuestas en la Cordillera Oriental, donde las formaciones correspondientes a los subgrupos Pirgua y Balbuena registran restos óseos e icnitas de vertebrados, como peces (Benedetto y Sánchez, 1972), anuros (Reig, 1959), dinosaurios (Bonaparte y Bossi, 1967; Bonaparte *et al.*, 1977; Powell, 1979; Alonso, 1980) y otros saurópsidos indeterminados (Pinedo y Carbajal, 1975).

FAUNA CENOZOICA

Las principales unidades fosilíferas cenozoicas que afloran en la Puna son las formaciones Geste (Eoceno tardío) y Sijes (Mioceno tardío – Plioceno temprano). A esto se suman depósitos del Cuaternario donde se hallaron evidencias fósiles en sedimentos no consolidados del Pleistoceno tardío. Afloramientos menores en relación a su extensión y a número de fósiles hallados, se exponen al sureste de San Antonio de los Cobres (paraje conocido como Corte Blanco) donde en niveles de la Formación Lumbrera se han recuperado restos de vertebrados, entre ellos, tortugas, cocodrilos y mamíferos (R. Alonso, com. pers.). Por otro lado, datos recientes de la Puna jujeña indican la presencia de fósiles en la Tafna (Plioceno?) (Figura 1; Tabla 1).

La unidad más rica en vertebrados fósiles es la Formación Geste. Está expuesta en las provincias de Catamarca y Salta y su edad depositacional ha sido establecida entre el Eoceno medio tardío y probablemente el Oligoceno más temprano (ver abajo). Hasta el momento, los afloramientos que contienen vertebrados eocenos se ubican en las cercanías del salar de Pozuelos (Salta) y en

Tabla 1. Registros de vertebrados cenozoicos hallados en la Puna. Referencias: **1.** López (1997); **2.** Alonso *et al.* (1980); **3.** Alonso (2012); **4.** Pascual (1983); **5.** Babot y García-López (2014); **6.** Goin *et al.* (1998); **7.** Powell *et al.* (2011); **8.** Ciancio *et al.* (2016); **9.** Babot *et al.* (2012); **10.** Herrera *et al.* (2016); **11.** Camacho *et al.* (2016a); **12.** Camacho *et al.* (2016b); **13.** Martínez, en este volumen; **14.** Gelfo (2006); **15.** Armella *et al.* (2016); **16.** López (1995); **17.** García-López y Babot (2015); **18.** López y Bond (1995); **19.** Reguero *et al.* (2008); **20.** García-López *et al.* (2016); **21.** Guantay y Alonso (1989); **22.** Fernández (1984-1985); **23.** Alberdi *et al.* (1986); **24.** García-López (2015); **25.** Inédito; **26.** Ortiz *et al.* (2011); **27.** R. Alonso, com. pers. Cat: Catamarca; Sai: Salta; Juj: Jujuy. El (*) indica agrupamientos no monofiléticos.

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleoambiente	Ref.
AMPHIBIA Anura	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Postcráneo	Fluvial y aluvial, dominado por ríos meandrántes; clima cálido subtropical?	1, 25
SAUROPSIDA Testudines	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Fragmentos de placas	Ídem anterior	1, 25
Lepidosauria	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición, basiscráneo	Ídem anterior	1, 25
	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición, postocráneo	Ídem anterior	1, 25
Crocodylia	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	1, 25
AVES Charadriiformes	Sedimentos indeterminados (~Mioceno medio)	Salar del Hombre Muerto (Cat)	Ícnitas	Cuerpos de agua temporarios	2
	Fm. Sijes (Mioceno tardío); Fm. Blanca Lila (Pleistoceno medio)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Ícnitas	Salares y lagunas someras con playas; clima árido	3
Phoenicopteriformes	Fm. Sijes (Mioceno tardío); Fm. Blanca Lila (Pleistoceno medio)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Ícnitas	Ídem anterior	3

Tabla 1 (cont.).

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleoambiente	Ref.
Anseriformes	Ícnofósil indet.	Fm. Sijes (Mioceno tardío); Fm. Blanca Lila (Pleistoceno medio)	Ícnitas	Ídem anterior	3
Ardeiformes	Ícnofósil indet.	Fm. Sijes (Mioceno tardío)	Ícnitas	Ídem anterior	3
MAMMALIA					
METATHERIA					
Ameridelphia*	<i>Reigia punae</i>	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Fluvial y aluvial, dominado por ríos meandrántes; clima cálido subtropical?	4, 25
	"Ameridelphia" indet.	A. de la Sierra (Cat)	Huesos del oído interno (petrosos)	Ídem anterior	5
Polydolopimorphia	<i>Bonapartherium serrensis</i>	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	6
	<i>Punadolops alonsoi</i>	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Ídem anterior	4, 6
Sparassodontia	<i>Callistoe</i> sp.	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	6, 7
EUTHERIA					
Xenarthra	Dasyproditae				
	cf. <i>Astegotherium</i> sp.	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Prostegotherium</i> sp. nov.?	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Parastegosimpsonia</i> cf. <i>P. peruana</i>	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	Dasyprodiinae indet.	A. de la Sierra (Cat)	Hueso del oído interno (petroso)	Ídem anterior	9
	<i>Parutaetus punensis</i>	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Pucatherium parvum</i>	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Osteodermos	Ídem anterior	8
	<i>Pucatherium</i> sp.	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	10

Tabla 1 (cont.).

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleoambiente	Ref.
<i>Punatherium catamarquensis</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Osteodermos	Ídem anterior	8
<i>Macrochorobates chapalmalensis</i>	Fm. Tafna (Plioceno?)	Calahoyo (Juj)	Información no disponible	Corrientes de lodo en su fase distal	11
Glyptodontidae	Fm. Tafna (Plioceno?)	Calahoyo (Juj)	Información no disponible	Ídem anterior	11
Megatheriidae	Fm. Tafna (Plioceno?)	Calahoyo (Juj)	Información no disponible	Ídem anterior	11
<i>Pyramiodontherium bergi</i>	Sedimentos arenosos no consolidados (ca.19.600 y 12.500 AP)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición; coprolitos; tejidos blandos	Áreas abiertas dominadas por arbustos y pastizales; clima frío y árido, más húmedo que el presente	13
Mylodontidae	Fm. Tafna (Plioceno?)	Cuenca río Casira (Juj)	Información no disponible	Depósitos de dunas	12
Mylodontinae indet.	Sedimentos arenosos no consolidados (ca.19.600 y 12.500 AP)	Sitios arqueológicos Peñas de las Trampas 1.1 y Cacao 1A. (Cat)	Coprolitos	Áreas abiertas dominadas por arbustos y pastizales; clima frío y árido, más húmedo que el presente	13
Astrapotheria	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Fluvial y aluvial, dominado por ríos meandrántes; clima cálido subtropical?	1
Pyrotheria	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	1
Notoungulata					
Notostylopidae	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	1
Oldfieldthomasiidae*	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	1, 16
<i>Sumiodon catamarcensis</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	16
<i>Sumiodon</i> sp.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Gen. et sp. indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	1, 16
Gen. et sp. indet. B	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17

Tabla 1 (cont.).

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleoambiente	Ref.
Interatheriidae					
<i>Punapithecus minor</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Ídem anterior	17, 18
<i>Antofagastia turneri</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17, 24
Interatheriidae indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior	15
Interatheriidae indet. B	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior	15
Interatheriidae indet. C	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior	15
Archaeohyrcidae*					
<i>Punahyrax bondesioi</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat); quebrada El Paso (Sa)	Dentición	Ídem anterior	19
<i>Pseudyrax</i> cf. <i>P. eutrachytheroides</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	20
Typotheria indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Typotheria indet. B	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Isotemnidae*					
Gen. et sp. indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	16
Gen. et sp. indet. B	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Notohippidae*					
cf. <i>Pampahippus</i>	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	1
Gen. et sp. indet.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Toxodontia					
Taxón indet.	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Tarsales	Ídem anterior	15
Notoungulata					
Taxón indet. A	Fm. Geste (Eoceno tardío)	A. de la Sierra (Cat)	Dentición	Ídem anterior	17
Notoungulata					
Taxón indet. B	Fm. Lumbreira (Eoceno medio)	Corte Blanco (Sa)	Dentición	Inf. no disponible	26
Notoungulata					
Taxón indet. C	Fm. Sijes (Mioceno tardío)	Salar de Pastos Grandes (Sa)	Iconitas	Salares y lagunas someras con playas; clima árido	21

Tabla 1 (cont.).

Taxón	Distribución estratigráfica	Distribución geográfica	Tipo de material fosilizado	Paleoambiente	Ref.
Insertae sedis					
	Didolodontidae				
	<i>Ernestokoenia</i> cf. <i>E. yirunthor</i>	A. de la Sierra (Cat)	Dentición; tarsales	Fluvial y aluvial, dominado por ríos meandranantes; clima cálido subtropical?	1, 14, 15
Perissodactyla					
	<i>Hippidion</i>				
	1- Sedimentos no consolidados (ca. 13.350 y 12.500 AP); 2- Sedimentos con limo, arcilla, arena y turba (ca. 12.250 y 9.120 AP)	1- Sitios arqueológicos Peñas de las Trampas 1.1 y Cacao 1A. (Cat); 2- Tres Cruces, Barro Negro (Juj)	Dentición; coprolitos; restos óseos esqueléticos	1- Áreas abiertas dominadas por arbustos y pastizales; clima frío y árido, más húmedo que el presente; 2- Ambiente léntico anegado.	13, 22, 23
Rodentia					
	Caviomorpha				
	Formación Tafna (Plioceno?)	Cuenca río Casira (Juj)	Información no disponible	Paleosuelos?	12
	Cricetidae				
	<i>Andinomys</i>				
	<i>Phyllotis</i> sp.	Sitios arqueológicos Inca Cueva y Huachichocana (Juj)	Restos dentarios	Predominio de estepas herbáceas en un clima más húmedo y frío que el actual	26
Mammalia					
	Indet.				
	Niveles probablemente Neógenos, aún indeterminados	Catua y salar del Rincón (Juj)	Lonitas	Inf. no disponible	27

Antofagasta de la Sierra y alrededores (Catamarca). Los depósitos de Salta fueron los primeros en ser reconocidos por su contenido de mamíferos fósiles (Pascual, 1983) aunque actualmente la búsqueda está centrada en los depósitos de Catamarca donde, a las áreas muestreadas tradicionalmente (Alonso y Fielding, 1986; López, 1997), se han sumado en tiempos recientes nuevos sitios fosilíferos.

Los materiales hallados en esta unidad están representados principalmente por restos fragmentados de pequeños vertebrados; la mayoría de los ejemplares no supera los 15 mm. Los restos de mayor tamaño son escasos y suelen estar muy deteriorados, sin preservar rasgos diagnósticos; es por esto que gran parte de los taxones identificados corresponden a los representantes más pequeños de algunos grupos o a grupos caracterizados por su pequeño tamaño (García-López y Babot, 2015). Esta particularidad tafonómica se debe a que los sedimentos que los contienen son de origen fluvial y fueron depositados bajo condiciones de moderada a alta energía, generando niveles de concentración de fragmentos rodados de restos óseos (Alonso, 1992).

Los grupos no mamalianos incluyen materiales muy incompletos de anfibios (Anura), víboras y lagartos (Squamata, Lacertilia y Serpentes), tortugas (Testudines) y cocodrilos (Crocodylia) (Figura 3 A, B). Los mamíferos, por su parte, están representados por los especímenes más diversos y abundantes y son el grupo que aporta mayor información bioestratigráfica. Los registros abarcan cingulados (armadillos) Dasypodidae (Dasypodinae Astegotheriini, Euphractinae), Metatheria (Sparassodonta, Polydolopimorphia y “ameridelfios” basales), y ungulados Notoungulata (Notostylopidae, “Oldfieldthomasiidae”, Interatheriidae, “Archaeohyracidae”, “Notohippidae” e “Isotemnidae”), Didolodontidae, Pyrotheria y Astrapotheria (Figura 3 C-M) (Pascual, 1983; Alonso *et al.*, 1988; López, 1995; López y Bond, 1995; López, 1997; Goin *et al.*, 1998; Reguero *et al.*, 2008; Babot *et al.*, 2012; García-López, 2015; García-López y Babot, 2015; Armella

et al., 2016; Ciancio *et al.*, 2016; Herrera *et al.*, 2016; ver otras referencias en Tabla 1).

Datos radimétricos indican para la Formación Geste una edad depositacional entre $39,8 \pm 0,6$ y $34,7 \pm 3,5$ Ma, tomadas alrededor de 30 m por arriba de la base de esta unidad y sobre la base del miembro superior, respectivamente (Carrapa y DeCelles, 2008), aunque probablemente los niveles más superiores correspondan al Oligoceno más temprano. La edad de los niveles fosilíferos, correspondientes a parte del miembro medio (sensu Alonso, 1992) de esta formación puede limitarse entre $37,5 \pm 0,1$ y al menos $35,4 \pm 1,5$ Ma (Priaboniano). Esta edad es soportada por la información bioestratigráfica que aportan los mamíferos fósiles, principalmente los notoungulados. La presencia de notoungulados “Archaeohyracidae” e Interatheriidae, ausentes en unidades asignadas al Eoceno medio y geográficamente cercanas (e.g., Formación Lumbreira inferior), apoyan una edad más reciente que la de unidades aledañas. En particular, los “Archaeohyracidae” están representados por gran cantidad de restos correspondientes al menos a dos taxones, uno de los cuales (*Pseudhyrax*; García-López *et al.*, 2016), es característico del Eoceno tardío de Patagonia (Priaboniano, EM Mustersense; Croft *et al.*, 2003; Woodburne *et al.*, 2014). Por su parte, el clado Interatheriidae comprende formas filogenéticamente más derivadas que los representantes del Eoceno medio (Bartonianiano, EM Casamayorensis) de Patagonia (García-López y Babot, 2015).

Los datos sedimentológicos indican que la Formación Geste, como se mencionó en párrafos anteriores, es el resultado del depósito de areniscas y conglomerados generados en un ambiente fluvial y de abanicos aluviales, donde la intensidad de la corriente habría sido de moderada a alta (Alonso, 1992; Carrapa y DeCelles, 2008). Si bien no existen datos de vegetación, estas características del ambiente fluvial hacen suponer entonces que el ambiente era notablemente más húmedo que el actual. La fauna característica de esta unidad indica también un ambiente fluvial (presencia de anfibios) y de mayor humedad

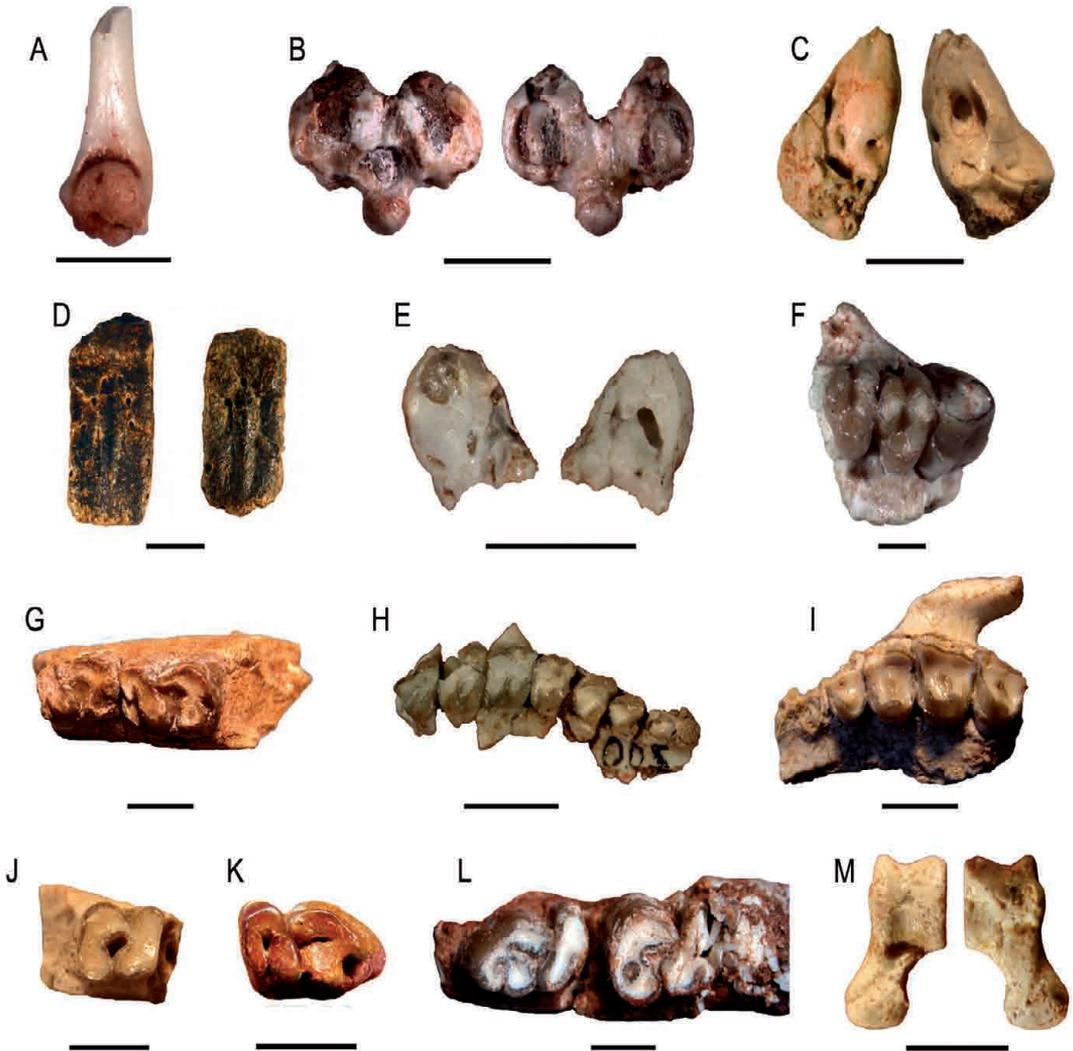


Figura 3. Ejemplares fósiles recuperados en la Formación Geste expuesta en Antofagasta de la Sierra [Catamarca]. **A.** Anura indet. (MHAS O86), fragmento distal de húmero en vista ventral; **B.** Squamata indet. (MHAS O87), basicráneo en vista dorsal y ventral; **C.** Dasypodinae indet. (PVL 6245), petroso derecho en vista timpánica y cerebelar; **D.** *Punatherium catamarquensis*, osteodermos fijos [izquierda, holotipo: MLP 93-VI-1-18; derecha, paratipo: MLP 86-V-6-24]; **E.** "Ameridelphia" indet. (MHAS O65), petroso izquierdo en vista timpánica y cerebelar; **F.** *Punadolops alonsoi* (MHAS O78), fragmento maxilar derecho con P3-M2; **G.** "Oldfieldthomasiidae" indet. (Notoungulata, Typotheria; MHAS O02), fragmento de cuerpo mandibular derecho con m1-2; **H.** *Punapithecus minor* (MHAS O05), fragmento de maxilar derecho con P2-M3; **I.** *Antofagastia turneri* (MHAS O03), fragmento maxilar izquierdo con P4 y M1 incompletos y M2-3. **J.** "Archaeohyracidae" indet. (MHAS O14), fragmento de cuerpo mandibular izquierdo con m1 o m2; **K.** *Punahyrax bondesioi* (MHAS O52), m3 derecho; **L.** *Pseudhyrax* cf. *P. eutrachytheroides* (MHAS O76); **M.** *Ernestokokenia* cf. *E. yirunhor* (MHAS O49), astrágalo izquierdo. **Abreviaturas:** MHAS, Museo del Hombre de Antofagasta de la Sierra [Catamarca]; MLP, Museo de La Plata [Buenos Aires]; PVL, Paleontología de Vertebrados Lillo (Tucumán); P y p, premolares superiores e inferiores, respectivamente; M y m, molares superiores e inferiores. Escala: 5 mm (excepto en A, E y F = 1 mm).

que habría sostenido una diversidad importante de insectívoros, frugívoros y folívoros, así como también predadores de tamaño mediano.

En cuanto a los depósitos del Mioceno-Plioceno, los registros faunísticos de la Puna corresponden mayormente a huellas (icnitas), aunque también se han descrito restos de invertebrados y de mamíferos. La Formación Sijes (Turner, 1964) depositada aproximadamente entre los $6,81$ y $4,0 \pm 1,2$ Ma (Alonso, 1992) preserva gasterópodos asignados a la especie *Heleobia naomiae* (Martínez y De Francesco, 2011; *Littoridina naomiae* en Pratt, 1961 y Alonso y Wayne, 1992) que fueron hallados en niveles lacustres del Miembro Esperanza. Los icnofósiles corresponden a huellas de aves y mamíferos hallados principalmente en el Miembro Monte Amarillo de esta formación que aflora en las cercanías del salar de Pastos Grandes y cuya edad fue determinada entre $6,8 \pm 0,2$ y $6,3 \pm 0,2$ Ma (Alonso, 1986). Las icnitas más abundantes corresponden a aves relacionadas a ambientes lacustres someros afines morfológicamente a Phoenicopteriformes (flamencos), Anseriformes (patos y taxones relativos), Ardeiformes (garzas) y Charadriiformes (teros, chorlos) (Alonso, 1986; Alonso, 2012); mientras que las huellas de mamíferos incluyen rastros de tamaño pequeño de aspecto rodentiforme y otros grandes atribuidos a ungulados nativos de los órdenes Litopterna o Notoungulata (Guantay y Alonso, 1989). Otras icnitas (*Reyesichnus punensis*; Charadriiformes) fueron halladas en depósitos cercanos al salar del Hombre Muerto (Catamarca) en rocas terciarias más antiguas datadas en 15 Ma (Alonso *et al.*, 1980; Alonso, 2000; Alonso, 2012) y en niveles probablemente neógenos, aunque aún indefinidos, cercanos a Catua (Jujuy) y al salar del Rincón, Salta (R. Alonso, com. pers.). Estos últimos han sido asociados a mamíferos indeterminados. Por otro lado, en sedimentos de la Formación Tafna (Plioceno?) expuestos en la cuenca del río Casira y en las cercanías de Calahoyo, Camacho *et al.* (2016a, b) encontraron restos de roedores caviomorfos (cuises y taxones relaciona-

dos) y xenartros (específicamente armadillos y perezosos). Estos últimos se asignaron a *Eosclerocalyptus lineatus* (Cingulata, Glyptodontidae), *Macrochorobates chapalmalensis* (Cingulata, Dasypodidae), *Pyramiodontherium bergi* (Megatheriidae) y *Glossotherium* (Mylodontidae).

Para el Pleistoceno medio (0,3 Ma) se registran rastros de aves en niveles de la Formación Blanca Lila expuestos en las cercanías del salar de Pastos Grandes (Alonso, 2012) y hacia el Pleistoceno tardío, icnofósiles y restos óseos, de tegumento (pelos) y partes blandas (tejidos del abdomen) de megafauna. Estos materiales fueron hallados en los sitios arqueológicos Peñas de las Trampas y Cacao 1A en las cercanías de la localidad de Antofagasta de la Sierra (Catamarca), cuyas edades han sido determinadas entre *ca.* 19.600 y 12.500 años antes del presente (AP) (ver Martínez, 2014; Buckley *et al.*, 2015; Martínez, en este volumen y referencias allí citadas). Los restos óseos (molares y postcráneo) fueron asignados a *Xenarthra* (Megatheriinae) y *Perissodactyla* (*Hippidion*). Por su parte, los icnofósiles corresponden a excrementos (coprolitos) consolidados asignados a carnívoros, perezosos (Megatheriinae y Mylodontinae) y caballos (*Hippidion*), de acuerdo a la forma y al contenido y procesamiento de materia orgánica allí identificada (Martínez *et al.*, 2010). El análisis de estas evidencias permitió inferir para los milodontinos y para *Hippidion* una dieta con dominancia de especies herbáceas, mientras que en los Megatheriinae el consumo de especies leñosas habría sido predominante. Otros restos de *Hippidion* datados en 12.550 y 9.120 años AP fueron recuperados en Barro Negro, Tres Cruces (Jujuy; Fernández, 1984-1985; Alberdi *et al.*, 1986). En ninguno de estos registros de megafauna puneña hay indicios de interacción con humanos, aunque sí aparecen restos de mamíferos de menor tamaño asociados a actividad antrópica en ambas localidades en capas inmediatamente suprayacentes, de edad holocena. Por último, Ortiz *et al.* (2011) describieron restos de roedores sigmodontinos provenientes de sitios arqueológicos en

Huachichocana (Puna de Jujuy) atribuidos al límite Pleistoceno-Holoceno.

Las primeras evidencias del poblamiento humano en la Puna datan de 11.000 años antes del presente (ver Martínez, en este volumen), por lo que por el momento no puede atribuirse a la presión antrópica una relación causal con la extinción de la fauna pleistocena puneña. Sin embargo, tal como lo indica Martínez, es probable que la Puna haya estado poblada con anterioridad a los 11.000 años (aunque sin preceder los registros más antiguos en América del Sur que no superan los 14.000 años AP; Politis *et al.*, 2016), dado que condiciones más húmedas que las actuales habrían predominado en la región entre los 20.000 y los 10.000 años AP, ofreciendo un ambiente favorable para el desarrollo de la actividad humana. Nuevos hallazgos podrían poner a prueba las hipótesis sobre la interacción entre el hombre y la megafauna y ayudar a entender las causas de su extinción en regiones de altura sudamericanas.

CONSIDERACIONES FINALES

Tal como se evidencia en el registro fósil florístico y faunístico, la Puna presenta un potencial paleontológico muy importante que está dado por la extensión de sus unidades sedimentarias paleozoicas y cenozoicas, y por la diversidad del registro conocido hasta el momento.

Los datos paleoflorísticos son los más escasos. Sin embargo, el hallazgo de criptoesporas del límite Ordovícico-Silúrico representantes de la flora terrestre más antigua, invita a profundizar de modo sistemático las exploraciones paleobotánicas. Del mismo modo, la diversidad de invertebrados paleozoicos delinea un futuro esperanzador ante nuevas investigaciones.

En el caso particular de los vertebrados, los taxones más significativos son aquellos que provienen de unidades del Eoceno tardío cuya importancia radica, entre otros aspectos, en que evolucionaron en el lapso previo al límite Eoceno/Oligoceno. En este límite se produjo un evento profundo de enfriamiento

global que generó marcados recambios en la biota marina y continental. Las consecuencias evolutivas de este evento climático son bien conocidas en la región austral del continente (ver Goin *et al.*, 2010), aunque no así en latitudes más bajas. En este contexto, la fauna de mamíferos descubierta para el Eoceno de la Puna ofrece una base diversa de taxones para testar estos cambios. Por otro lado, sus niveles de endemismo en mamíferos fósiles eocenos y ciertas similitudes faunísticas con sitios paleógenos tropicales (*e.g.*, Contamana, Perú) abren nuevos interrogantes sobre las relaciones faunísticas y geográficas entre otras regiones subtropicales y tropicales de América del Sur y la Puna, la cual durante el Paleógeno comenzó las primeras etapas de levantamiento.

El intervalo subsiguiente a este evento climático-biótico está presentado en la Puna por grandes extensiones de sedimentos de la Formación Peñas Coloradas (Eoceno tardío – Oligoceno tardío?) que afloran en el altiplano jujeño. Si bien aún no se han encontrado vertebrados fósiles en estos afloramientos, resultan altamente promisorios para el hallazgo de fauna de este particular período evolutivo de la biota del Cenozoico sudamericano. Por su parte, la búsqueda y el estudio sistemático de nuevas icnitas de aves en los afloramientos de la Formación Sijes, proveerá evidencia más detallada de las comunidades de estos vertebrados miocenos. En relación a la megafauna plio-pleistocena, los registros son aún escasos, en parte debido a la falta de exploraciones paleontológicas sistemáticas en rocas de esta edad. Datos recientes provenientes de afloramientos del Plioceno en las márgenes del río Casira y la localidad de Calahoyo (Jujuy) abren la posibilidad de hallar nuevos y más completos restos que serían importantes para interpretar patrones de distribución de la fauna en regiones de altura de América del Sur, su relación con los sucesos del Gran Intercambio Biótico Americano y sus variaciones en relación a los cambios ambientales y a la interacción con los primeros hombres que poblaron la región.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Ricardo Alonso y Emilio Vaccari por las valiosas sugerencias realizadas a lo largo del texto y a Nora Maidana por aclarar la validez taxonómica de las diatomeas tratadas en el texto. J. Babot y D. García-López agradecen además al personal de la Sub Estación de Altura de la Secretaría de Ganadería de la provincia de Catamarca (en especial a C. Palacios y L. Soriano) por brindar apoyo logístico permanente durante las campañas a Antofagasta de la Sierra. H. A. Carrizo agradece a J. Aris (UNSa) por el préstamo de material paleobotánico, a C. Moya, C. Azcuy y F. Aceñolaza por sus enriquecedoras sugerencias, a N. Mansilla por el préstamo de material bibliográfico y a los técnicos E. Fernández y A. De Rosa (FML) por su colaboración en el tratamiento y fotografías del material paleobotánico. Los estudios de J. Babot y H. Carrizo fueron financiados por la Fundación Miguel Lillo.

LITERATURA CITADA

- Aceñolaza F. G. 2002. Ordovician fossils of Argentina. Serie Correlación Geológica, 16: 1-370.
- Aceñolaza F. G., Aceñolaza G. 2005. La Formación Puncoviscana y unidades estratigráficas vinculadas en el Neoproterozoico-Cámbrico temprano del noroeste argentino. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 12: 65-88.
- Aceñolaza G., Aceñolaza F. G. 2007. Insights in the Neoproterozoic – early Cambrian transition of NW Argentina: facies, environments and fossils in the proto-margin of western Gondwana. *Geological Society, Special Publication*, 286: 1-13.
- Aceñolaza F. G., Baldis B. A. 1987. The Ordovician System of South America. Correlation chart and explanatory notes. *International Union of Geological Sciences Publication*, 22: 1-68.
- Aceñolaza F. G., Buatois L. 1991. Trazas fósiles del Paleozoico Superior continental argentino. *Ameghiniana*, 28: 89-108.
- Aceñolaza F. G., Toselli A. 1971. Hallazgo de graptolites en el supuesto Precámbrico de la Puna de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 2: 274.
- Aceñolaza F. G., Benedetto J. L., Koukhar-sky M., Salfity J. A., Viera O. 1972a. Presencia de sedimentitas devónicas y neopaleozoicas en la Puna de Atacama, provincia de Salta, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 27: 345-346.
- Aceñolaza F. G., Benedetto J. L., Salfity J. A. 1972b. El Neopaleozoico de la Puna Argentina: su fauna y relación con sus áreas vecinas. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 44: 5-20.
- Aceñolaza F. G., Toselli A. J., Gonzalez O. 1976. Geología de la región comprendida entre el Salar del Hombre Muerto y Antofagasta de la Sierra, provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 31: 127-136.
- Alberdi M. T., Fernández J., Menegaz A. N., Prado J. L. 1986. *Hippidion* Owen 1869 (Mammalia, Perissodactyla) en sedimentos del Pleistoceno tardío de la localidad de Barro Negro (Jujuy, Argentina). *Estudios Geológicos*, 42: 487-493.
- Alonso R. N. 1980. Icnitas de dinosaurios (Ornithopoda, Hadrosauridae) en el Cretácico Superior del norte argentino. *Acta geológica lilloana*, 15: 55-64.
- Alonso R. N. 1986. Ocurrencia, posición estratigráfica y génesis de los depósitos de boratos de la Puna argentina. Tesis Doctoral (inédita). Universidad Nacional de Salta, 196 pp.
- Alonso R. N. 1992. Estratigrafía del Cenozoico de la cuenca de Pastos Grandes (Puna salteña) con énfasis en la Formación Sijes y sus boratos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47: 189-199.
- Alonso R. N. 2000. El terciario de la Puna en tiempos de la ingresión marina paranaense. En: F. G. Aceñolaza y R. Herbst (eds.), *El Neógeno de Argentina*. Serie Correlación Geológica 14: 163-180.
- Alonso R. N. 2012. Icnitas de aves en depósitos de boratos y su contribución a la reconstrucción paleoambiental. *Revue de Paléobiologie*, Volume Spécial, 11: 429-445.
- Alonso R. N., Fielding E. J. 1986. Acerca de un nuevo yacimiento de vertebrados paleógenos de la Puna argentina (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). III Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 5, Buenos Aires, Argentina.
- Alonso R. N., Wayne W. J. 1992. Hallazgo de gasterópodos en la Formación Sijes (Mioceno Superior) Salta, República Ar-

- gentina. *Estudios Geológicos*, 48: 179-186.
- Alonso R. N., Berman W. D., Bond M., Carlini A. A., Pascual R., Reguero M. A. 1988. Vertebrados Paleógenos de la Puna Austral: sus aportes a la evolución biogeográfica. V Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 38-39, La Plata, Argentina.
- Alonso R. N., Carbajal E., Raskovsky M. 1980. Hallazgo de icnitas (Aves, Charadriiformes) en el Terciario de la Puna Argentina. I Congreso Latinoamericano de Paleontología y II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas: 75-83, Buenos Aires, Argentina.
- Armella M. A., García-López D. A., Lorente M., Babot M. J. 2016. Anatomy, systematic, and functional study on native ungulate proximal tarsals from middle-late Eocene of Northwestern Argentina. *Ameghiniana*, 53: 142-159.
- Astini R. 2003. The Ordovician proto-andean basins. En: J. L. Benedetto (ed.), *Ordovician fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 1-74.
- Azcuy C. L., di Pasquo M. M. 2000. Carbonífero y Pérmico de las Sierras Subandinas, Cordillera Oriental y Puna. En: R. Caminos (ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 239-260. Servicio Geológico Minero Argentino Buenos Aires, Argentina.
- Azcuy C. L., Beri A., Bernardes-de-Oliveira M. E. C., Carrizo H. A., di Pasquo M., Díaz Saravia P. *et al.* 2007. Bioestratigrafía del Paleozoico Superior de América del Sur: primera etapa de trabajo hacia una nueva propuesta cronoestratigráfica. *Asociación Geológica Argentina Serie D, Publicación Especial*, 11: 9-65.
- Azcuy C. L., Carrizo H. A., Iannuzzi R. 2011. Frondes rhacopterídeas del Neopaleozoico de América del Sur: taxonomía y evolución morfológica. *Acta geológica lilloana*, 23: 3-26.
- Babot M. J., García-López D. A. 2014. Metatherian petrosals from the middle-late Eocene of Northwestern Argentina. IV International Palaeontological Congress. Abstracts: 648, Mendoza, Argentina.
- Babot M. J., García-López D. A., Gaudin T. J. 2012. The most ancient xenarthran petrosal: Morphology and evolutionary significance. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32: 1186-1197.
- Bahlburg H. 1990. The Ordovician basin in the Puna of NW Argentina and N Chile: geodynamic evolution from back-arc to foreland basin. *Geotectonische Forschungen*, 75: 1-107.
- Bahlburg H., Breitzkreuz Ch., Maletz J., Moya M. C., Salfity J. A. 1990. The Ordovician sedimentary rocks in the northern Puna of Argentina and Chile: New stratigraphical data based on graptolites. *Newsletter on Stratigraphy*, 23: 69-89.
- Benedetto J. L. 1973. Foraminíferos pérmicos de la Formación Arizaro (Provincia de Salta, Argentina). II Congreso Latinoamericano de Geología. Actas 2: 1009-1024, Caracas, Venezuela.
- Benedetto J. L. 2003. Ordovician fossils of Argentina. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 665 pp.
- Benedetto J. L., Sánchez M. T. 1972. El hallazgo de peces Pycnodontiformes (Holostei) en la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) de la provincia de Salta (Argentina) y su importancia paleoecológica. *Acta geológica lilloana*, 11: 151-176.
- Benedetto J. L., Sánchez T. 1990. Fauna y edad del estratotipo de la Formación Salar del Rincón (Eopaleozoico, Puna, Argentina). *Ameghiniana*, 27: 317-326.
- Benedetto J. L., Brussa E. D., Pompei J. F. 2002. El Ordovícico de la región de Susques-Huancar (Puna Oriental de Jujuy): Precisiones sobre su edad y significado estratigráfico. XV Congreso Geológico Argentino. Actas: 279, El Calafate, Santa Cruz.
- Bonaparte J. F., Bossi G. E. 1967. Sobre la presencia de dinosaurios en la Formación Pirgua del Grupo Salta y su significado cronológico. *Acta geológica lilloana*, 9: 25-44.
- Bonaparte J. F., Salfity J. A., Bossi G. E., Powell J. E. 1977. Hallazgo de dinosaurios y aves cretácicas en la Formación Lecho de El Brete (Salta), próximo al límite con Tucumán. *Acta geológica lilloana*, 14: 5-17.
- Breitzkreuz C. 1986. Das Palaeozoikum in den Kordilleren Nordchiles (21°-25°S). *Geotektonische Forschungen*, 70: 1-88.
- Brussa E., Toro B., Vaccari, N. E. 2008. Bioestratigrafía del Paleozoico inferior en el ámbito de la Puna. XVII Congreso Geológico Argentino. Actas: 5, Jujuy.
- Buckley M., Fariña R. A., Lawless C., Tambusso P. S., Varela L., Carlini A. A., Powell J. E., Martínez J. G. 2015. Collagen sequence analysis of the extinct

- giant ground sloths *Lestodon* and *Megatherium*. PLoS ONE 10(12): e0144793. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144793>.
- Camacho M., Zurita A. E., Miño-Boilini A. R., Rodríguez-Bualó S. M., Canavidez D. H., Scillato-Yané G. J. 2016a. El paleoambiente de la comarca de Calahoyo, Puna Norte, Argentina. *Ameghiniana*, 53 (3R): 7.
- Camacho M., Zurita A. E., Miño-Boilini A. R., Rodríguez-Bualó S. M., Canavidez, D. H. 2016b. Geología y paleontología de la cuenca del río Casira, Puna Norte Argentina. *Ameghiniana*, 53 (3R): 7-8.
- Caminos R. 1999. Geología Argentina. Anales del Servicio Geológico Argentino, 29: 1-796.
- Carrapa B. D., DeCelles, P. G. 2008. Eocene exhumation and basin development in the Puna of northwestern Argentina. *Tectonics*, 27: TC1015. doi.org/10.1029/2007TC002127.
- Carrera M. 1998. First Ordovician sponge from the Puna Region, Northwest Argentina. *Ameghiniana*, 35: 205-210.
- Carrizo H. A., Azcuy C. L. 2015. Floras Neodevónicas-Eocarboníferas de Argentina. Consideraciones sobre las Fitozonas del Carbonífero Tardío del Centro Oeste Argentino. *Opera Lilloana*, 49: 1-292.
- Ciancio M., Herrera C., Aramayo A., Payrola P., Babot M. J. 2016. Diversity of cingulates (Mammalia, Xenarthra) in the middle-late Eocene of Northwestern Argentina. *Acta Palaeontologica Polonica*, 61: 575-590.
- Coira B., Koukharsky M. 2003. Ordovician volcanic activity in the Puna, Argentina. En: F. G. Aceñolaza (ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina*. Serie Correlación Geológica 16: 267-280.
- Coira B., Zappettini E. 2008. Geología y recursos naturales de la provincia de Jujuy. Relatorio del XVII Congreso Geológico Argentino, Jujuy, Asociación Geológica Argentina, 642 pp.
- Coira B., Toselli A., Koukharsky M., Rossi J., Kay S. 1999. Magmatismo Famatiniano. En: G. González Bonorino, R. Omarini, y J. Viramonte (eds.), *Geología del Noroeste Argentino*, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina, pp. 189-211.
- Croft D. A., Bond M., Flynn J. J., Reguero M. A., Wyss A. R. 2003. Large archaeohyracids (Tytotheria, Notoungulata) from central Chile and Patagonia including a revision of *Archeotypootherium*. *Fieldiana Geology, New Series*, 49: 1-38.
- Donato E., Vergani G. 1985. Geología del Devónico y Neopaleozoico de la zona del Cerro Rincón, provincia de Salta, Argentina. IV Congreso Geológico Chileno. *Actas* 1: 262-283, Antofagasta, Chile.
- Fernández J. 1985. Reemplazo del caballo americano (Perissodactyla) por camélidos (Artiodactyla) en estratos del límite pleistocénico-holocénico de Barro Negro, Puna de Jujuy, Argentina. Implicancias paleoambientales, faunísticas y arqueológicas. *Relaciones de la Sociedad de Antropología*, 16: 137-152
- García-López D. A. 2015. New information on the interatheriid *Antofagastia turneri*. *Ameghiniana*, 52: 286-293
- García López D. A., Babot M. J. 2015. Notoungulate faunas of Northwestern Argentina: Recent findings on Eocene early diverging forms. *Journal of Systematic Palaeontology*, 13: 557-579.
- García-López D. A., Gelfo J., Babot M. J., Madozzo-Jaén M. C. 2016. Sobre la presencia del género *Pseudhyrax* (Notoungulata, Archaeohyracidae) en sedimentos de la Formación Geste, provincia de Catamarca. XXX Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. *Resúmenes*: 98, Buenos Aires, Argentina.
- Gelfo J. N. 2006. Los Didolodontidae (Mammalia: Ungulatomorpha) del Terciario Sudamericano. Sistemática, origen y evolución. Tesis Doctoral (inédita), Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina, 454 pp.
- Goin F. J., Abello M. A., Chornogubsky L. 2010. Middle Tertiary marsupials from central Patagonia (early Oligocene of Gran Barranca): understanding South America's Grande Coupure. En: R. H. Madden, A. A. Carlini, M. G. Vucetich y R. F. Kay (eds.), *The Paleontology of Gran Barranca*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 69-105.
- Goin F. J., Candela A., López G. M. 1998. Middle Eocene marsupials from Antofagasta de la Sierra, Northwestern Argentina. *Geobios*, 31: 75-85.
- González Bonorino G., Omarini R., Viramonte, J. 1999. Geología del Noroeste Argentino. Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina, 748 pp.
- Grosse P, Guzmán S. R. 2018. Volcanismo. En: H. R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), *La Puna argentina: naturaleza y cultura*. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 32-51.

- Guantay S., Alonso R. N. 1989. Icnita de mamífero en la Formación Sijes (Mioceno Superior), Salta. VI Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Actas: 93-96, San Juan.
- Gutiérrez-Marco J. C., Aceñolaza G., Esteban S. B. 1996. Revisión de algunas localidades con graptolitos ordovícicos de la Puna salto-jujeña (noroeste de Argentina). XII Congreso Geológico de Bolivia. Actas 2: 725-731, Tarija, Bolivia.
- Gutiérrez-Marco J. C., Rábano I., Aceñolaza G. F., García-Bellido D. C. 2012. New records of telephinid trilobites (*Carolinites* and *Dopsites*) from the Ordovician of the Central Andean Basin. V Conference on Trilobites and their relatives. Czech Geological Survey and Charles University. Resúmenes: 26, Praga, República Checa.
- Herrera C. M., Ciancio M., Babot J. 2016. Un nuevo Dasypodidae (Mammalia, Xenarthra) para el Eoceno del Noroeste argentino. XXX Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Resúmenes: 101, Buenos Aires, Argentina.
- Hongn F., Montero-López C., Guzmán S., Aramayo A. 2018. Geología. En: H. R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 13-29.
- Issacson P., Antelo B., Boucot A. J. 1976. Implications of a Llandovery (Early Silurian) brachiopod fauna from Salta Province, Argentina. Journal of Paleontology, 50: 1102-1112.
- Koukharsky M., Torres R., Etcheverría M., Vaccari N. E., Waisfeld B. G. 1996. Episodios volcánicos del Tremadociano y del Arenigiano en Vega Pinato, Puna saltense, Argentina. XIII Congreso geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas 5: 535-542, Buenos Aires.
- Kraemer B., Adelman D., Alten M., Schnurr W., Erpenstein K., Kiefer E., van den Bogaard P., Görler K. 1999. Incorporation of the Paleogene foreland into the Neogene Puna plateau: The Salar de Antofalla area, NW Argentina. Journal of South American Earth Sciences, 12: 157-182.
- López G. M. 1995. *Suniodon catamarcensis* gen. et sp. nov. y otros Oldfieldthomasiidae (Notoungulata, Typotheria) del Eoceno de Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina. IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas: 167-172, Mendoza.
- López G. M. 1997. Paleogene faunal assemblage from Antofagasta de la Sierra (Catamarca Province, Argentina). Paleovertebrata, 26: 61-81.
- López G. M., Bond M. 1995. Un nuevo Notopithecinae (Notoungulata, Typotheria) del Terciario Inferior de la Puna, Argentina. Studia Geológica Salmanticensis, 31: 87-99.
- Loss R. 1948. Consideraciones preliminares sobre la cronología de las estructuras paleozoicas de los alrededores de La Quiaca (Jujuy). Revista del Instituto de Geología y Minería de Jujuy, 1: 23-28.
- Malanca S., Moya M. C. 1998. Nuevos fósiles de la Formación salar del rincón (Ashgill tardío - Llandovery temprano), Puna occidental argentina. XIII Congreso Geológico de Bolivia. Actas 1: 167-173, Potosí, Bolivia.
- Marquillas R. A., del Papa 1993. Las calizas estromatolíticas del Cretácico-Terciario del norte argentino. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1, Mendoza. Sin datos de paginación.
- Marquillas R., Alonso R., Gorustovich S., Salfity J. 1988. El Grupo Salta (Cretácico-Eogénico) en la Puna Argentina. II Simposio Proyecto 242 "Cretácico de América Latina", Mendoza. Sin datos de paginación.
- Martínez J. G. 2014. Contribution to the knowledge of the natural history and archaeology of hunter-gatherers of Antofagasta de la Sierra (Argentine South Puna): the case of Peñas de las Trampas 1.1. En: E. Pintar (ed.), Hunter-gatherers from a high-elevation desert: People of the Salt Puna. Northwest Argentina, Bar International Series 2641. Archaeopress, England, pp. 71-93.
- Martínez J. G. 2018. Sociedades prehistóricas de la Puna argentina: desde el poblamiento temprano hasta los inicios de la producción pastoril y agrícola. En: H. R. Grau, J. Babot, A. Izquierdo y A. Grau (eds.), La Puna argentina: naturaleza y cultura. Serie Conservación de la Naturaleza 24: 273-294.
- Martínez J. G., Powell J. E., Rodríguez M. F. 2010. Dung analysis and its correlation with three different species of extinct megafauna in the Southern Argentinean Puna. Current Research in Pleistocene, 27: 176-179.
- Martínez M., Brussa E., Pérez B., Coira B. 1999. El Ordovícico de la Sierra de Quichagua (Puna Nororiental argentina): litofacies volcanosedimentarias y

- graptofaunas. XIV Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 347-350, Salta, Argentina.
- Martínez S. A., De Francesco C. G. 2011. El género *Heleobia* en el registro fósil. *Amici Molluscarum*, 7: 17-18
- Mon R., Salfity J. A. 1995. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina. En: A. J. Tankard, R. Suárez y H. J. Welsink (eds.), *Petroleum basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 62: 269-283.
- Monteros J. A., Moya M. C., Monaldi R. C. 1996. Graptolito faunas arenigianas en el borde occidental de la Puna argentina. Implicancias paleogeográficas. XII Congreso Geológico de Bolivia. Actas 2: 733-746, Santa Cruz, Bolivia.
- Moya M. C., Malanca S., Hongn F., Bahlburg H. 1993. El Tremadoc temprano en la Puna occidental argentina. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas 2: 20-30, Mendoza, Argentina.
- Ortega G., Albanesi G. L., Monaldi C. R. 2011. Darriwillian graptolites from the Lina Range, northwestern Puna of Jujuy, Argentina. *Cuadernos del Museo Geominero*, 14: 409-411.
- Ortiz P. E., Jayat J. P., Pardiñas U. F. J. 2011. Fossil sigmodontine rodents from northwestern Argentina: Taxonomy and paleoenvironmental meaning. En: J. A. Salfity y R. A. Marquillas (eds.), *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, SCS Publisher, Salta, 301-315 pp.
- Pascual R. 1983. Novedosos marsupiales paleógenos de la Formación Pozuelos (Grupo Pastos Grandes) de la Puna, Salta, Argentina. *Ameghiniana*, 20: 265-286.
- Pinedo R., Carbajal E. 1975. Hallazgo de vertebrados en el Grupo Salta de la comarca de Carahuasi, provincia de Salta, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 30: 286-287.
- Politis G. G., Gutiérrez M. A., Rafuse D. J., Blasi A. 2016. The arrival of *Homo sapiens* into the Southern cone at 14,000 years ago. *Plos One*, 11(9): e0162870. doi:10.1371/journal.pone.0162870.
- Powell J. E. 1979. Sobre la asociación de dinosaurios y otras evidencias de vertebrados del Cretácico Superior de la región de La Candelaria, provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana*, 16: 191-204
- Powell, J. E., Babot, M. J., García López, D. A., Deraco, M. V., Herrera, C. M. 2011. Eocene vertebrates of northwestern Argentina: annotated list. En: J. A. Salfity y R. A. Marquillas (eds.), *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, SCS Publisher, Salta, 349-370 pp.
- Pratt W. 1961. Local evidence of Pleistocene to Recent orogeny in the Argentine Andes. *Bulletin of the Geological Society of America*, 72: 1539-1550.
- Ramos V. A. 1972. El Ordovícico fosilífero de la Sierra de Lina, departamento Susques provincia de Jujuy, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 2: 84-94.
- Rao R. I., Moya M. C., Hünicken M. A. 2000. Conodontes en la Formación Las Vicuñas (Tremadociano temprano), Puna occidental argentina. *Ameghiniana*, 37: 13-14.
- Reig O. 1959. Primeros datos descriptivos sobre los anuros del Eocretácico de la provincia de Salta. *Ameghiniana*, 1(4): 3-8.
- Reguero M. A., Croft D. C., López G., Alonso R. N. 2008. Eocene archaeohyracids (Mammalia: Notoungulata: Hegetotheria) from the Puna: northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 26: 225-233.
- Rubinstein C. V. 2010. Palinoestratigrafía y diversidad del fitoplancton de pared orgánica y mioesporas del Paleozoico (Cámbrico al Devónico Inferior) del oeste de Argentina. VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. Resúmenes: 53, La Plata, Argentina.
- Rubinstein C., Vaccari N. E. 2004. Cryptospore assemblages from the Ordovician /Silurian boundary in the Puna Region, Northwest Argentina. *Palaeontology*, 47: 1037-1061
- Salas M. J., Vaccari N. E. 2012. New insights into the early diversification of the Ostracoda: Tremadocian ostracods from the Cordillera Oriental, Argentina. *Acta Palaeontologica Polonica*, 57: 175-192.
- Schwab K. 1973. Die stratigraphie in der Umgebung des Salar de Cauchari (NW Argentinien). *Einbeitrag zur erdgeschichtlichen entwicklung der Puna*. *Geotectonische Forschungen*, 43: 1-68
- Seggiaro R., Becchio R., Martínez L., González O. 2004. Hoja Geológica 2569 - IV. Antofalla. Boletín 343. Programa Nacional de Cartas Geológicas. 1:250.000. SEGEMAR, Buenos Aires, 122 pp.
- Toro B., Brussa E. 2003. Graptolites. En:

- J. L. Benedetto (ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, pp. 441-505.
- Toro B., Brussa E., Maletz J. 2006. Implicancias bioestratigráficas y paleobiogeográficas de los graptolitos de la localidad de Santa Rosa, Puna Oriental, Argentina. IX Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas: 116, Córdoba, Argentina.
- Tortello M. F., Esteban S. B., Aceñolaza G. F., Aráoz L., Powell J. E., Carrizo H., Azcuy C. 2008. Paleontología y bioestratigrafía de la provincia de Jujuy. En: B. Coira y O. Zappettini (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Jujuy*, Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, pp. 589-605.
- Turner J. M. C. 1964. Descripción geológica de la Hoja 2b, la Quiaca. Boletín del Instituto Nacional de Geología y Minería, 103: 1-118
- Vaccari N. E., Martínez M., Hongn F. 1999. Trilobites tremadocianos de la Formación Taique en la Quebrada del río Taique, Salta, Argentina. XIV Congreso Geológico Argentino y IV Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas 1: 53, Salta, Argentina.
- Vaccari N. E., Toro B. A., de la Puente S. G., Rubinstein C. V. 2010. Nuevos aportes al conocimiento del Paleozoico inferior del área de Salar del Rincón, Puna occidental, Argentina. X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. Resúmenes: 56, La Plata, Argentina.
- Woodburne M. O., Goin F. J., Bond M., Carlini A., Gelfo J., López G., Iglesias I., Zimicz N. 2014. Paleogene Land Mammal faunas of South America; a response to global climatic changes and indigenous floral diversity. *Journal of Mammalian Evolution*, 21: 1-73.
- Zimmermann U., Bahlburgh H. 2003. The Ordovician Puna Basin (NW Argentina): Proposal of a new stratigraphy. *Serie de Correlación geológica*, 17: 483-486
- Zimmermann U., Moya M. C., Bahlburgh H. 1998. New evidence for the stratigraphic subdivision of Ordovician sedimentary successions in the Southern Puna (NW Argentina) based on graptolites. *Terra Nostra*, 98: 179-180.
- Zimmermann U., Moya M. C., Bahlburgh H. 1999. First find of Cogeri Ordovician graptolites propose a new stratigraphic subdivision for the southern Puna (NW Argentina). XIV Congreso Geológico Argentino y IV Congreso de Exploración de Hidrocarburos 1: 343-346, Salta, Argentina.
- Zimmermann U., Luna Tula G., Marchioli A., Narváez G., Olima H., Ramírez A. 2002. Análisis de procedencia de la Formación Falda Ciénaga (Ordovícico Medio, Puna Argentina) por petrografía sedimentaria, elementos trazas e isotopía de Nd. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 9: 165-188.