

Estratigrafía, paleontología y paleoambientes del Plioceno de la provincia de Córdoba

Adan TAUBER¹, Jerónimo KRAPOVICKAS², Laura E. CRUZ³,
Jorge CHIESA⁴

¹ Museo de Paleontología, FCEFyN, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, y Museo Provincial de Ciencias Naturales "Dr. Arturo Umberto Illía", Av. Poeta Lugones 395, (X5016GCA) Córdoba, Argentina. adan.tauber@unc.edu.ar.

² Museo de Paleontología, FCEFyN, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611, (X5016GCA) Córdoba, Argentina. jerokrapo@yahoo.com.ar.

³ CONICET, Museo Argentino de Ciencias Naturales, Av. Ángel Gallardo 470, (C1405DJR) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. cruzlaurae@gmail.com.

⁴ Departamento de Geología (F.C.F.M.N.-U.N.S.L.), Ejército de los Andes 950, (5700) San Luis. chiesa@unsl.edu.ar

RESUMEN

Palabras clave:

Córdoba
Plioceno
Estratigrafía
Paleontología
Paleoambiente

En este capítulo se sintetiza y actualiza el conocimiento que existe sobre el Plioceno de la provincia de Córdoba tanto en el subsuelo como en la superficie, en las Sierras de Córdoba, en sus valles y piedemontes. El registro estratigráfico plioceno tiene una amplia distribución regional y se relaciona con el conocido levantamiento de las sierras (etapa de antepaís fragmentado) a partir del Mioceno tardío. Desde el inicio de esta etapa de estructuración, mediante la inversión y reactivación tectónica de antiguas fallas extensionales cretácicas, se generó en la región serrana una fuerte fragmentación de la corteza y los ambientes con acomodación diferencial de sistemas aluviales, mientras que en la llanura oriental, el registro sedimentario es considerablemente más continuo y con frecuencia está condensado. Estos depósitos contienen un interesante registro paleontológico plioceno que, en líneas generales, es consistente con estas interpretaciones. Los principales tipos y grupos de fósiles registrados en estos yacimientos incluyen, trazas de raíces o rizolitos, estructuras de biodepositación (coprolitos), restos óseos de anuros, reptiles, aves y, mayoritariamente mamíferos. Los depósitos fosilíferos del Neógeno tardío afloran en la región serrana y periserrana de la provincia de Córdoba (Formaciones Brochero, La Playa, Casa Grande y depósitos de ambientes cársticos de Las Caleras). Las evidencias sedimentológicas y paleontológicas disponibles indican condiciones disímiles, desde áridas o semiáridas, variando hacia un clima más húmedo durante el Plioceno. Los ambientes predominantes fueron abiertos o semiabiertos con pastizales y arbustos o árboles subordinados.

ABSTRACT

Keywords:

Córdoba
Pliocene
Stratigraphy
Paleontology
Paleoenvironment

“STRATIGRAPHY, PALEONTOLOGY AND PALEOENVIRONMENT OF THE PLIOCENE OF CÓRDOBA”. This chapter summarizes and updates the existing knowledge on the Pliocene in the province of Córdoba, both in the subsoil and on the topsoil, in Córdoba hills, valleys and foothills. The stratigraphic Pliocene record has a wide regional distribution and is related to the well-known hill formation (stage of fragmented foreland) from the late Miocene. Since the beginning of this stage of structuring, by means of the tectonics inversion and reactivation of old Cretaceous extensional failures, a strong fragmentation of the cortex and environments with differential accommodation of alluvial systems was generated in the Serrana region, while in the eastern plains, the sedimentary record is considerably more continuous and is often condensed. These deposits contain an interesting Pliocene paleontological record which, in general terms, is consistent with these interpretations. The main types and groups of fossils found in Pliocene deposits include traces of roots or phytoliths, biodeposition structures (coprolites), skeletal remains of anurans, reptiles, birds and, mainly mammals. The fossil deposits of the late Neogene emerge in the mountainous and perimountainous region of the province of Córdoba (Brochero, La Playa, Casa Grande formations and deposits of karstic environments of Las Caleras). The available sedimentological and paleontological evidences indicate dissimilar conditions, from arid or semi-arid, varying to a wetter climate during the Pliocene. The predominant environments were open or semi-open with grasslands and lower shrubs or trees.

INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO GENERAL

La provincia de Córdoba se encuentra localizada en la región central de Argentina y su territorio abarca parte de dos unidades geomorfológicas: Sierras Pampeanas y Llanura Chacopampeana. Los sedimentos neógenos de la provincia de Córdoba se encuentran distribuidos en ambas regiones, vinculados los más antiguos con la Llanura Chacopampeana, constituyendo unidades de subsuelo principalmente relacionadas con las series de origen marino de la cuenca Chacoparanaense (Astini *et al.*, 2014). Mientras que los sedimentos pliocenos continentales se encuentran mayormente distribuidos en la periferia de relieves montañosos y valles intermontanos, donde se destacan las series aluviales y coluviales. Estos depósitos se registran especialmente en los valles interserranos (San Alberto, Punilla, Los Reartes, Calamuchita, La Cruz, río de Las Barrancas, entre otros, figura 1) donde en casi todos los casos se han registrado restos de vertebrados fósiles, que si bien son escasos, dan una primera aproximación de correlación entre los rellenos de los diversos valles y permiten estimar una edad tanto de depositación de las unidades sedimentarias como de los eventos geológicos relacionados y su cronología relativa (Castellanos 1936, 1942, 1944, 1958; Bondesio y Pascual 1981; Bonalumi *et al.*, 1999, 2005; Beltramone,

2004; Cruz 2011, 2013; Astini *et al.*, 2014; Tauber *et al.*, 2014; Tauber *et al.*, 2017, entre otros). En este trabajo se presenta un compendio de las unidades litológicas aflorantes asignadas al Plioceno de la provincia de Córdoba, las correlaciones estratigráficas (figura 2) y bioestratigráficas realizadas hasta el momento y se consideran el significado biogeográfico, paleoambiental y paleoclimático realizado por diversos autores en publicaciones previas sobre la base del registro de vertebrados fósiles, y se discute la evolución tectónica y geomorfológica del área central de Argentina.

Para todas aquellas unidades que se encuentran en el subsuelo, principalmente en la llanura pampeana de Córdoba, se puede leer el trabajo de Calegari *et al.* (2014).

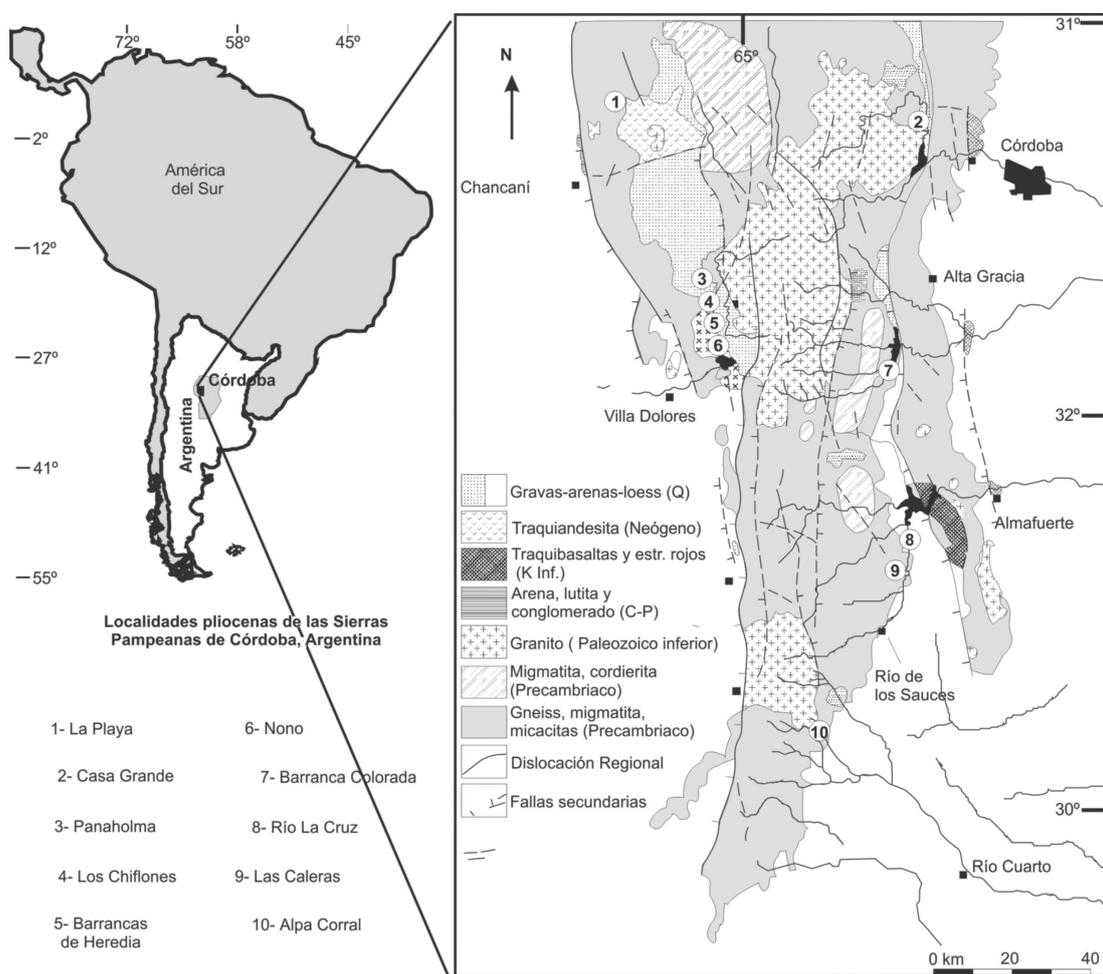


Figura 1. Localidades fosilíferas pliocenas de la provincia de Córdoba. 1) La Playa (departamento Minas); 2) Casa Grande (departamento Punilla); 3) Panaholma (departamento San Alberto); 4) Los Chiflones (departamento San Alberto); 5) Barrancas de Heredia (departamento San Alberto); 6) Nono (Río Chico de Nono, departamento San Alberto); 7) Barranca Colorada (departamento Calamuchita); 8) Río La Cruz (departamento Calamuchita); 9) Las Caleras (Sierra Blanca, departamento Calamuchita); 10) Alpa Corral (departamento Río Cuarto).

ESTRATIGRAFÍA, PALEONTOLOGÍA Y PALEOAMBIENTES

Sedimentos volcanogénicos del Complejo Volcánico de Pocho (Olsacher, 1960; Petrinovic, 1988; Arnosio, 1995)

El Complejo Volcánico Pocho (7,9–4,5 Ma; Kay y Gordillo, 1994) está situado en la región oeste de las Sierras Pampeanas de la provincia de Córdoba, en los departamentos Pocho y Minas. Esta actividad volcánica fue interpretada como una consecuencia del proceso de subducción subhorizontal de la Placa de Nazca, por debajo de la Placa Sudamericana (28°–33° LS) (Kay y Gordillo, 1994; Kay y Mpodzis, 2002).

Este vulcanismo generó una extensa variedad de rocas volcánicas en domos, cuerpos subvolcánicos, diques y materiales volcanoclásticos primarios y secundarios. La composición de las rocas varía de traquiandesitas basálticas a traquitas y traquidacitas de la serie calcoalcalina alta en K y shoshonítica. Las rocas volcanoclásticas primarias son mayoritariamente ignimbritas, depósitos de flujos de escorias, depósitos de flujos de bloques y ceniza, depósitos hidromagmáticos y depósitos de caída. Además son muy abundantes cuerpos volcanoclásticos secundarios, producto de eventos de destrucción del edificio.

Sobre la base del análisis estratigráfico y geocronológico disponible se ha interpretado la evolución del Complejo Volcánico de Pocho, diferenciando cuatro etapas principales, de las cuales las dos últimas se produjeron durante el Plioceno temprano. En esa época se originó la actividad póstuma en el complejo, generándose los cuerpos dómicos Veliz, Ciénaga, Poca y El Burro ($6,0 \pm 0,4 - 4,7 \pm 0,3$ Ma), intruyendo en parte la secuencia volcanoclástica del Mioceno tardío y están vinculados a depósitos de flujo de bloques y ceniza (Arnosio *et al.*, 2014). Los magmas que originaron estos domos tienen en general una composición shoshonítica, con afinidad calcoalcalina rica en K.

Asimismo, al finalizar el Mioceno y al iniciarse el Plioceno (5,5 a < 4,7? Ma) también se habrían originado depósitos volcanoclásticos secundarios, producto del retrabajo de los materiales que constituían el aparato volcánico, siendo muy escasos los materiales primarios. Estos depósitos indican una importante destrucción de los aparatos volcánicos, formando una típica asociación de facies de abanicos aluviales de baja eficiencia en ambientes áridos a semiáridos, debido a la abundancia de material disponible, proveniente de cuerpos dómicos y por el bajo potencial de preservación de las ignimbritas y pómez (Arnosio, *et al.*, 2014).

Formación La Playa (Olsacher, 1960)

Esta unidad aflora en la región noroeste de la provincia de Córdoba, en dos localidades, La Playa y La Argentina y está compuesta por una serie de travertinos y calcretes, cuyo origen se considera como el producto de la actividad póstuma del Complejo Volcánico de Pocho (Gordillo y Lencinas 1979). El cuerpo travertínico de La Playa se encuentra entre la Sierra de Guasapampa y la de Ciénaga del Coro,

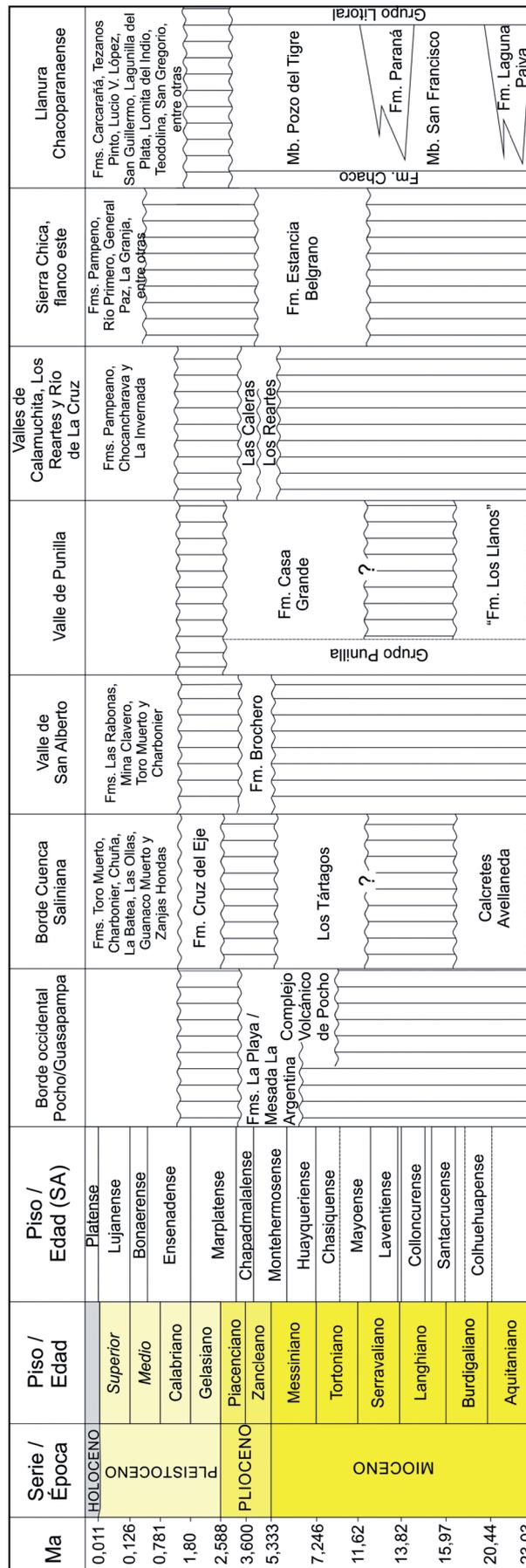


Figura 2. Correlaciones entre Formaciones de diferentes unidades geomorfológicas de la provincia de Córdoba, entre el Neógeno y Cuaternario.

Departamento Minas (21°00'41,90" - 31°01'6,85" S y 65°21'45,19" - 65°21'26,45" O) y el de la Mesa La Argentina, está situada al oeste de la localidad homónima (31°12'17,64" - 31°14'09,71" S y 65°19'05,58" - 65°21'03,95" O), al sur de las localidades de Guasapampa y La Playa.

En el yacimiento de La Playa se reconocieron las siguientes facies y microfacies: areniscas calcáreas, travertino masivo con rizolitos, travertino con intraclastos, travertino cavernoso con incrustación de macrófitas, travertino clástico, travertino con oncolitos y estructuras tipo “*shrubs*” y calcretes (Breccia, 2008). El mismo autor comprobó la presencia de facies de conglomerados volcanogénicos y facies de calcrete en el depósito de La Argentina. Estas facies componen las siguientes asociaciones: 1) Carbonatos palustres/lacustres marginales, 2) Depósitos de relleno de depresiones lacustres alcalinas someras y, 3) Carbonatos retrabajados y calcretes.

Los travertinos de La Playa tienen, en partes, abundantes incrustaciones de macrofitas en una fábrica de tufa y con valvas de gastrópodos indeterminados y restos óseos de vertebrados, entre otros tipos de fósiles (Breccia 2008, Astini *et al.* 2014). Los vertebrados fósiles permitieron inferir aspectos sobre el paleoambiente sedimentario y la edad de los niveles portadores. Estos materiales paleontológicos proceden de La Playa (citada erróneamente como Las Playas por Kraglievich y Reig, 1954; Bondesio y Pascual, 1981), más exactamente, de la facies de travertino macizo con rizolitos (Breccia, 2008). Los taxones citados son: Protheroheriidae (Litopterna), Toxodontidae (Notoungulata) (Kraglievich y Reig, 1954; Bondesio y Pascual, 1981) y un roedor, supuestamente Erethizontidae, *Neosteiromys?* sp. y que, según Candela (2004), corresponde a otro taxón.

La interpretación paleoambiental fue basada sobre el registro del roedor Hydrochoerido *Phugatherium novum* (Vucetich *et al.*, 2014, citado originalmente como *Cardiatherium* sp., Bondesio y Pascual, 1981 o “*Chapalmatherium*” cf. “*C.*” *novum*, Deschamps *et al.*, 2013) y *Cyonasua groeberi*, entre otros taxones, que sugieren la presencia de cuerpos de agua lénticos o lóticos pandos, coincidente con la interpretación de la litofacies portadora, desarrollados cerca de pastizales y vegetación arbórea y/o arbustiva distribuida en “islas” (Bondesio y Pascual, 1981). Esta interpretación coincide parcialmente con los resultados del análisis facial, mediante el cual se infirió un paleoambiente lacustre somero o palustre para el travertino y un origen vinculado con niveles acuíferos para el calcrete (Breccia 2008).

Se interpretó además que las lluvias habrían superado los 600 mm anuales durante la formación de estas rocas, debido al registro de *Tupinambis teguixin* (Donadío, 1982). Sin embargo, esta hipótesis podría ser inconsistente con el desarrollo de calcretes en el depósito calcáreo de La Argentina. En concordancia, una revisión reciente de este material permiten solo una asignación genérica del espécimen a *Tupinambis* sp. (Brizuela y Albino, 2012) no pudiendo efectuar a partir de este material alguna inferencia paleoambiental.

La edad de esta Formación fue interpretada sobre la base de las relaciones estratigráficas, la geología regional y sus fósiles. El depósito calcáreo de La Argentina tiene intercalaciones de rocas volcanoclásticas, por lo que se lo relacionó con el vulcanismo de Pocho (Breccia, 2008). Bondesio y Pascual (1981) le asignaron al travertino de La Playa una edad Mioceno tardío – Plioceno temprano (Huayqueriense

- Montehermosense), por la presencia de *Cardiatherium* sp.; la reciente revisión de este material, permitió determinarlo nuevamente como *Phugatherium novum* y consecuentemente una edad Plioceno tardío (Chapadmalalense, Vucetich *et al.*, 2014).

Formación Brochero (Sayago, 1979)

Los depósitos neógenos más tempranamente conocidos de la provincia de Córdoba corresponden a lo que hoy se denomina Formación Brochero (Burmeister, 1874; Ameghino, 1889; Kraglievich, 1934; Castellanos, 1942, 1944, entre otros). Esta unidad fue definida formalmente por Sayago (1979), su área tipo se encuentra en el valle de San Alberto (= valle de Traslasierra, figura 3, A) y se la correlacionó con afloramientos expuestos en otras regiones de las sierras de Córdoba, como la Pampa de Pocho, valle de Los Reartes, valle del río de La Cruz y Alpa Corral, entre otros (Castellanos, 1936; Cruz, 2013; Astini *et al.*, 2014; Krapovickas, 2014; Tauber *et al.*, 2014, Cruz *et al.*, 2017; Tauber *et al.*, 2017).

Valle de San Alberto.— Esta formación yace directamente en no concordancia o en contacto tectónico con el basamento ígneo metamórfico, siendo la unidad sedimentaria basal de la secuencia neógena de este valle y de la Pampa de Pocho y está cubierta mediante discordancias por las Formaciones Las Rabonas, Mina Clavero, Toro Muerto y Charbonier, de distintas edades cuaternarias (Sayago, 1975, 1979; Kraemer *et al.*, 1993; Bonalumi *et al.*, 1999; Richardson *et al.*, 2013; Cruz, 2013; Cruz *et al.*, 2017).

La Formación Brochero, descrita y denominada originalmente como “Broche-*rense*” (Castellanos, 1942), fue históricamente descrita como una sucesión grano decreciente formada por dos secciones diferentes. Sin embargo, recientemente Cruz *et al.* (2017) en un análisis de las secuencias pliocenas de este sector de la provincia, la describieron nuevamente como una unidad compuesta por una asociación de facies sedimentarias compuesta por: 1) Facies de depósitos de lag: En la base del perfil ubicado en el vado de Nono se ubica una capa de 20 cm expuestos constituida por gravas medias a finas con ocasionales clastos de 5 a 10 cm dispersos, sin estratificación visible, compuesto en parte por la más pesada carga de fondo arrastrada por el canal y en parte por los clastos arcilloso-limosos parcialmente consolidados correspondientes a la destrucción de bloques caídos en el proceso de excavación lateral del margen de erosión. 2) Facies de depósitos de barras de acreción lateral: Son capas de arenas finas de geometría sigmoidal y capas de arenas con estratificación cruzada en artesa, ambas formando sets de espesor medio variable entre 10 y 15 cm (y máximo no superior a los 30 cm). Aparecen separadas por una capa de espesor milimétrico a centimétrico de limos y arcillas dispuestas paralelamente a la superficie de acreción lateral. Estas representan el tapizado del margen convexo del canal por decantación de finos en un período de menor energía de la corriente. 3) Facies de depósitos un lecho plano arenoso: Son capas de arenas finas a muy finas con laminación horizontal que se intercalan con las facies de depósitos. 4) Facies de depósitos de arena más fina con laminación cruzada en artesa. 5) Facies de depósi-

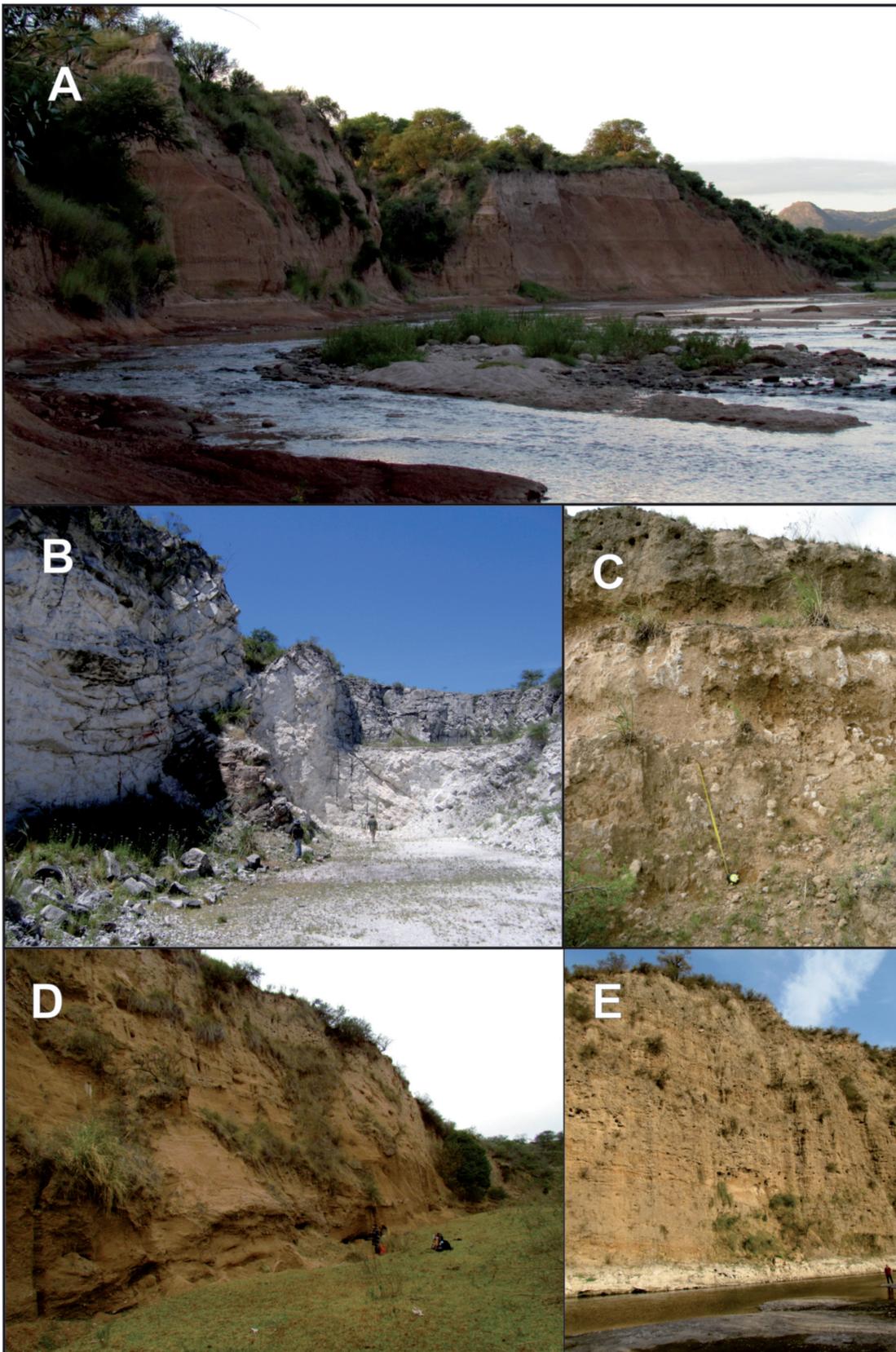


Figura 3. Imágenes de los afloramientos de unidades sedimentarias pliocenas de algunas localidades de las Sierras Pampeanas de Córdoba. A) valle de San Alberto; B) yacimientos Las Caleras; C) río La Cruz; D) región de Alpa Corral; E) río Cosquín, frente a la localidad de Bialet Massé.

tos finos de llanura de inundación: Son capas de limos arenosos, limos arcillosos laminados, con intercalaciones de lentes y capas de arenas finas a muy finas. 6) Facies de depósitos finos de llanura de inundación edafizados: son capas de limos arenosos, limos arcillosos, laminados, con intercalaciones de lentes y capas de arenas finas a muy finas, que presentan desarrollo de suelos y en los que son frecuentes rizoconcreciones, nódulos de tosca con carbonatos y nódulos de hierro/manganeso. En este nuevo análisis, las facies 1-4 fueron reinterpretadas como depósitos de barra de acreción lateral mientras que las facies 5-6 como sedimentos finos de llanura de inundación, es así que la asociación global de facies sedimentarias sugiere un paleoambiente fluvial de tipo meandriforme (Cruz et al., 2017).

Los vertebrados fósiles registrados en la Formación Brochero fueron empleados por diferentes autores para atribuirle una edad Montehermosense *sensu lato*, Montehermosense *sensu stricto* más Chapadmalalense (Plioceno temprano a tardío, Castellanos 1942, *non* 1944, *non* 1958, Bond 1986, Álvarez y Tauber, 2003, 2004, figura 4, A-D y K-M) o Huayqueriense (Marshall et al. 1984). Posteriormente Cruz (2013) realizó un detallado análisis bioestratigráfico del Cenozoico tardío de la provincia de Córdoba y propuso una Biozona de Asociación de *Nonotherium hennigi-Propanochthus bullifer* con el perfil y área tipo sobre el río de Los Sauces en el valle de San Alberto, referida al lapso Montehermosense-Chapadmalalense, confirmando una edad Plioceno temprano-Plioceno tardío, comparable a la Biozona *Trigodon gaudryi*, *Neocavia depressidens* y/o *Paraglyptodon chapadmalensis* de la provincia de Buenos Aires.

Asimismo, se determinó la presencia en esta biozona cordobesa de *Doellotatus* cf. *D. chapadmalensis*, *Phlyctaenopyga* sp., *Plohophorus* sp. y *Paedotherium bonaerense* (Cruz, 2011, 2013) y fueron citados *Rhinella* sp., *Criptodyra*?, *Achlysictis lelongi*, *Macrochorobates chapadmalensis*, *Lomaphorus corallinus*, *Lagostomus (Lagostomopsis)* sp., *Protheroheriinae* gén et sp. indet., *Pseudotypotherium* sp, *Tremacyllus* cf. *T. impressus* (Tauber 1989; Álvarez y Tauber 2003, 2004, Tauber, et al., 2014). A esta lista se suma el registro de *Phugatherium* cf. *P. novum* en la localidad de Villa Cura Brochero, que sugiere que los niveles portadores de la Formación Brochero serían correlacionables con el Chapadmalalense (Cruz et al., 2013). Recientemente se describió un nuevo género y especie de roedor denominado *Chukimys favaloro* (Barbiere et al., 2016), siendo el primer cricétido sigmodontino registrado en los niveles de la Formación Brochero. La presencia de esta especie fue documentada en asociación con *Abrothrix magnus*, un Echimyidae, gen. et sp. indet., y otros vertebrados como anuros (*Rhinella* cf. *R. arenarum* y *R. cf. R. spinulosa*, Bufonidae), serpientes (“Colubridae” indet.), y lagartos (Iguanidae, Teiidae, y Tropiduriinae; Brizuela y Cruz, 2013; Cruz et al., 2014, 2017). Por esta asociación de taxones se ha interpretado que los niveles de la Formación Brochero tienen una edad Chapadmalalense – Vorohuense, pero por la probable afinidad entre *Chukimys favaloro* y *Dankomys vorohuensis*, sumado al registro de *Abrothrix magnus*, esos niveles serían asignables al Vorohuense (Barbiere et al., 2016, ver también Cruz et al., 2017).

El conjunto de vertebrados registrados hasta la actualidad de la Formación Brochero en su área tipo, se ha interpretado en forma preliminar como indicadora de una probable continuidad ambiental y climática entre las provincias de Buenos Aires y Córdoba durante el Plioceno tardío (Barbiere et al., 2016). Los elementos

típicos de las condiciones áridas y más frías de la edad Chapadmalalense fueron registrados en los niveles inferiores (*e.g. Doellotatus*); por el contrario, los taxones indicadores de condiciones más húmedas y de edad de Vorohuense (*e.g. Echimyidae*) están restringidos a los niveles superiores de esta unidad estratigráfica (Barbiere *et al.*, 2016).

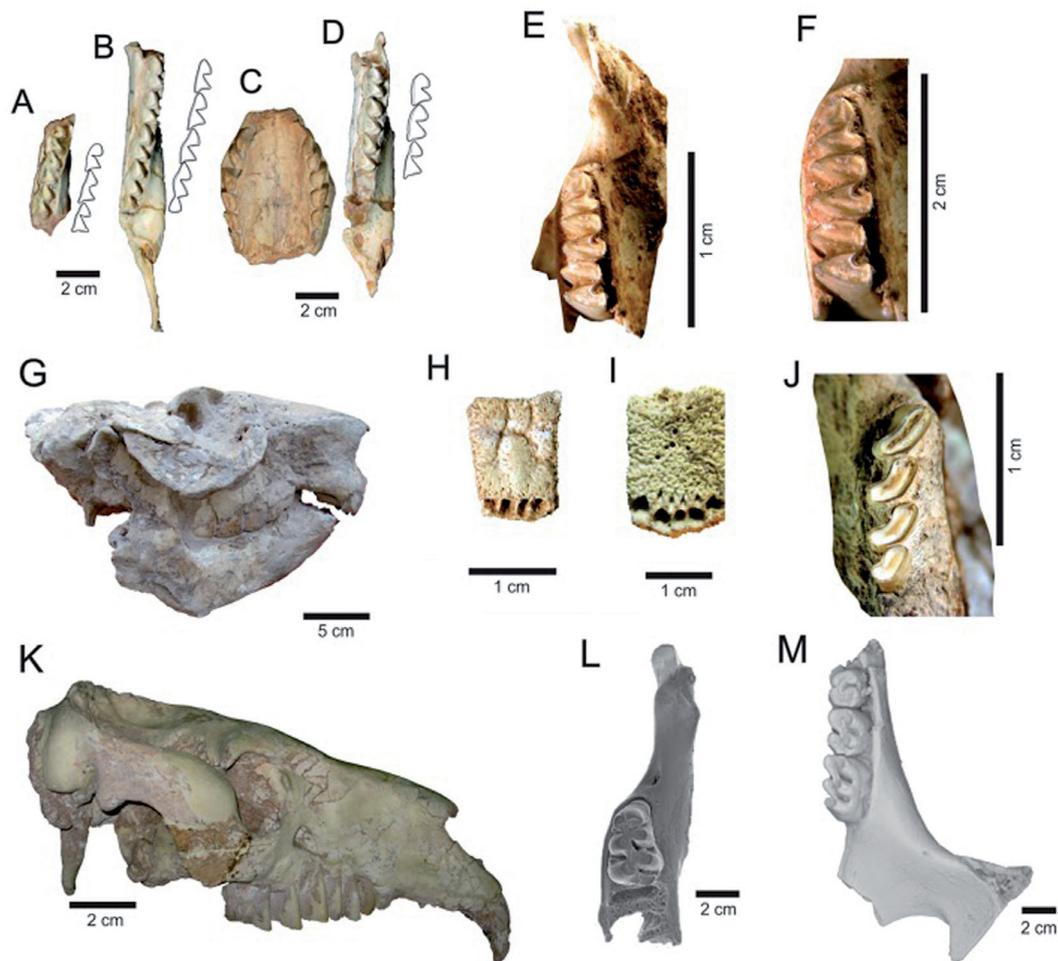


Figura 4. Mamíferos pliocenos de la provincia de Córdoba. A-D) *Paedotherium bonaerense* (Notoungulata, Hegetotheria, Hegetotheriidae, valle de San Alberto). A) MUFyCA 372, fragmento del dentario derecho con pm4-m2; B) MUFyCA 373, Fragmento del dentario derecho con pm4-m3; C) MUFyCA 374, fragmento de cráneo; D) MUFyCA 372, fragmento de dentario derecho con pm4-m2; E-F) *Microcavia chapalmalensis* (Rodentia, Caviidae) (CORD-PZ 3955, valle de La Cruz), dentario izquierdo mostrando la serie p4-m2 en vista oclusal; G) *Pseudotypotherium hystatum* (Notoungulata, Typotheria, Mesotheriidae) (CORD-PZ 1758-1/2, valle de La Cruz), cráneo y mandíbula en vista lateral derecha; H) *Doellotatus chapadmalensis* (Cingulata, Dasypodidae) (CORD-PZ 395 1-2, valle de La Cruz), osteodermo de una banda móvil en vista externa; I) *Ringueletia simpsoni* (Cingulata, Dasypodidae) (CORD-PZ 3952, valle de La Cruz), osteodermo óseo del escudo pélvico del caparazón dorsal en vista externa; J) *Eucelophorus chapalmalensis* (Rodentia, Octodontidae) (CORD-PZ 3956-2, valle de La Cruz), dentario derecho mostrando la serie p4-m3 en vista oclusal; K) *Nonotherium hennigi* (Notoungulata, Toxodonta) (Holotipo, MUFyCA 1, valle de San Alberto), cráneo; L) "*Akodon (Abrothrix)*" *magnus* (Rodentia, Cricetidae, MCNC-PV 297, valle de San Alberto), fragmento de hemimandíbula izquierda con m1; M) *Chukimys favaloroi* (Rodentia, Cricetidae, MCNC-PV-298, Holotipo, valle de San Alberto), fragmento de maxilar derecho con la placa cigomática, el M1-3 y la porción asociada del paladar. Tomados de Cruz *et al.*, 2017 y Tauber *et al.*, 2017.

Panaholma.— Otros afloramientos de esta Formación se encuentran alrededor de la localidad de Panaholma, en Pampa de Pocho. Sobre el río homónimo se observa una secuencia sedimentaria, con un espesor visible de 10,39 m y color rojizo, con un gran porcentaje de arcilla, arena y clastos.

Sobre el pelo de agua se observa un nivel de 6,19 m de espesor visible formado por arcilla arenosa, masiva, de color rojizo en seco y marrón oscuro en húmedo. Se observan diaclasas con dirección NO-SE y sentido NO, que evidencian movimientos tectónicos deformantes durante el periodo post-depositacional. Además, esta capa posee fractura concoide (se rompe en bloques de bordes romos o curvos) y genera alteración catafilar (capas concéntricas, que cortan la estructura estratigráfica original). En este nivel se hallaron restos identificados como *Proscelidodon* sp. y *Chaetophractus* sp.

Sobre este nivel se apoyan sedimentos formados por arena gruesa de color pardo amarillento, masiva y friable, con intercalación de lentes de conglomerado oligomítico, matriz soportado y con clastos subangulares a subcirculares, correlacionable con la Formación Mina Clavero (Krapovickas, 2014).

Valle de Los Reartes.— Este es un valle de origen tectónico con dirección norte sur, que contiene un relleno formado por una unidad sedimentaria basal neógena y granodecreciente, variando desde areniscas finas en la base hasta niveles limo arcillosos en la sección superior, de colores predominantemente pardos rojizos. Este depósito tiene una estructura débilmente estratificada, paralela y horizontal con contactos graduales. Internamente poseen estructuras en bloques, moteados, cutanes y bioturbación. Además, hay intercalaciones arcillosas, delgadas y continuas, de color blanquecino, que serían capas originalmente volcanoclásticas y alteradas químicamente (bentonitizadas, Castellanos, 1936). Estas fueron correlacionadas por Castellanos (1958) con niveles similares, expuestos en el valle de San Alberto (“Brocherense”).

Las especies de mamíferos neógenos registrados en estos depósitos son: *Dollotatus* sp. (citado originalmente como *Eutatopsis* sp.), *Plaina brocherense*, *Isolinia reartense*, *Nopachtus coagmentatus*, *Palaecavia brocherense*, *Microcavia* (*Xenomicrocavia*) *isolinense*, *Orthomyctera brocherense*, *Nonotherium* sp., *Paedotherium isolinense*, *Felis pumoides*, *Macroeuphractus* sp., *Lagostomopsis* sp. y *Paedotherium* sp. (Castellanos 1936, 1944, 1951, 1958, Berta 1983). Sin embargo, la especie *Isolinia reartense* fue aceptada por Fernicola (2008), pero sinonimizada con *Neosclerocalyptus cordubensis* (Zurita et al., 2005, 2009). Los restos determinados como *Nopachtus coagmentatus* fueron atribuidos a *Hoplophorus* sp. (Cruz, 2011). *Plaina brocherense* fue reconocida, pero probablemente corresponda al género *Vassallia* (De Iuliis y Edmund 2002). Según Verzi (2002), *Ctenomys* (*Paractenomys*) *cordubensis* es una especie admitida, pero de otro género distinto de *Ctenomys*. Además, se han señalado dudas con respecto a su procedencia estratigráfica y asignación taxonómica de *Felis pumoides* (Berman 1994; Soibelzon y Prevosti, 2008) y recientemente fue reasignado a *Puma* (*Herpailurus*) *pumoides* y se considera que representa al registro más antiguo de los felinos en América del Sur (Chimento et al., 2014); sin embargo, llegar a conclusiones como estas con tantas controversias es cuestionable (ver Cruz et al., 2017). Asimismo, la

presencia de *Nonotherium hennigi* es muy dudosa, ya que este registro está basado en materiales muy fragmentarios. Las especies *Orthomyctera brocherense*, *Paleocavia brocherense* y *Xenomicrocavia isolinense* propuestas por Castellanos (1958) fueron basadas sobre restos fragmentarios y deberían ser analizadas con conceptos taxonómicos modernos.

Depósitos psefíticos de Santa Rosa.— En la traza de la escarpa del Sistema de Fallas de las Sierras Chicas, entre Santa Rosa de Calamuchita y Villa Rumipal, en exposiciones artificiales, se observa al basamento cristalino yaciendo tectónicamente sobre depósitos sedimentarios asignados al Plioceno o Plio-Pleistoceno (Costa y Vita Finzi, 1996; Simpson *et al.*, 2001; Costa *et al.*, 2001, 2014; Richardson, 2011; Martino *et al.*, 2012; Sagripanti *et al.*, 2012; Richardson *et al.*, 2013). Son depósitos sedimentarios formados por bloques y clastos de rocas metamórficas en una matriz pelítica arenosa, se lo considera un fanglomerado de piedemonte. Verticalmente gradan a secuencias de material psefítico más fino, matriz soportado, con gradación normal grosera. Estos materiales están consolidados, tienen colores ocres a rojizos y estratificación grosera y formarían una sección proximal de abanicos aluviales gruesos adyacentes a la escarpa de falla de las Sierras Chicas. Se ha sugerido que estos materiales carentes de fósiles, estarían relacionadas con los depósitos predominantemente samopelíticos de la Formación Brochero, expuestos en el valle de Los Reartes y que serían las facies más distales con respecto al frente de las Sierras Chicas (Astini *et al.*, 2014; Sánchez, 2015).

Valle de Río de La Cruz.— La secuencia sedimentaria epiclástica neógena yace en discordancia sobre el basamento metamórfico y tiene una potencia visible de 7 m y probablemente un espesor máximo total en la región de 12 m (Tauber *et al.*, 2013, 2014; Astini *et al.*, 2014; Asurmendi, 2015; Asurmendi *et al.*, 2015; Tauber *et al.*, 2017; figura 3, C). Está compuesta principalmente por 8 facies principales: 1-Limo arenoso con gravas y calcretes; 2-Conglomerados y sedimentos arenosos con estratificación horizontal; 3-Niveles pelíticos; 4-Limo masivo rojizo; 5-Limo arenoso rojizo con estructuras carbonáticas; 6-Arenas con estratificación plana horizontal y cruzada en artesas de bajo ángulo; 7-Gravas con matriz arenosa y estratificación planar horizontal y gradación normal; y 8-Limo arenoso masivo pardo amarillento. Estas facies fueron agrupadas en 4 asociaciones. La asociación de facies A se encuentra formada por las facies 1, 2 y 3; fue interpretado como un ambiente fluvial de canales asimétricos, amalgamados, con rellenos multiepisódicos y de energía media, intercalado con horizontes pelíticos fuertemente pedogenizados, generando en forma alternante y cíclica, una secuencia de paleocanales y suelos maduros. Se considera que este conjunto se habría depositado durante el Plioceno tardío (Piso/Edad Chapadmalalense) por el registro de *Ceratophrys* sp., *Ringueletia simpsoni*, *Doellotatus chapadmalensis*, *Microcavia chapadmalensis*, *Eucelophorus chapadmalensis*, y *Pachyrukhinae* gén. et sp. indet. y *Pseudotypotherium hystatum* (Tauber *et al.*, 2017, Fig. 4, E-J). La asociación B se encuentra formada por las facies 4 y 5; se habría depositado en una llanura de inundación con exposición subaérea y colonización de la flora y la fauna. Esta unidad se originó durante el Pleistoceno temprano-Medio

(Piso/Edad Ensenadense) como lo evidencia el registro de *Glyptodon munizi* (Tauber *et al.*, 2017). La asociación de facies C se encuentra formada por las facies 6 y 7; este tipo de asociación en su conjunto, se interpretó como depósitos de ambientes fluviales de canales entrelazados con una alternancia de ciclos de energía alta a media y en general decreciente, con materiales de origen tractivo a suspensivo, producidos por migración de dunas con crestas sinuosas o linguoides (3D), asociadas con facies de llanuras de inundación. Fue correlacionada con la Formación Chocancharava de edad Pleistoceno medio-tardío (pisos/edades Bonaerense y Lujanense), y con el miembro superior de la Formación Río Primero de edad Pleistoceno tardío (Tauber *et al.*, 2017). Por último, la asociación D, formada por intercalaciones de las facies 4 y 8, se habría depositado en encharcamientos de una llanura de inundación, por ocasionales desbordamientos del cauce principal en un ambiente de depositación fluvial que fue obliterado por un régimen eólico, dada la alta selección granulométrica observada hacia el techo de la secuencia. Es correlacionable con la Formación La Invernada por sus características litológicas, relaciones estratigráficas, contenido paleontológico y datos geocronológicos (Tauber *et al.*, 2017).

Formación Casa Grande (Lencinas, 1971)

Esta unidad fue definida y nominada por Lencinas (1971) en el Valle de Punilla, donde fue identificada y relacionada con la estratigrafía regional, por estar allí los mejores afloramientos y su área tipo (figura 3, E). El estratotipo se encuentra sobre la costa izquierda del río Cosquín, frente a la localidad de Bialet Massé. Se ha sugerido que tiene espesores de 180 m en el valle de Punilla (Gordillo y Lencinas, 1979) y más de 400 m en el borde de las Salinas Grandes (Candiani *et al.*, 2001 a). Tiene una amplia distribución geográfica, ocupando desde el piedemonte oriental y nororiental de las Sierras Chicas, la parte oeste y noroeste de las sierras de La Higuera, Quilino y Lomas de El Durazno, borde oeste y sur de la Sierra de Sauce Punco, Oeste y Noroeste de la Sierra de Macha, El Simbolar, Saguión, Chuña, hasta el extremo austral de las Sierras Chicas, donde hay afloramientos de menor extensión areal (Candiani *et al.*, 2001 a y b, Bonalumi *et al.*, 2005; Astini *et al.*, 2014). Asimismo, la Aloformación Charbonier (Beltramone, 2004), en las Sierras Chicas y de Pajarillo - Copacabana, podría referirse a esta Formación y los tramos superiores podrían ser equivalentes a la Formación Estancia Belgrano.

Esta Formación está integrada principalmente por conglomerados y brechas muy gruesos a finos, matriz soportados, polimícticos y polimodales, intercalados con cuerpos lenticulares compuestos por arena gruesa, en parte limosa. Hay bancos de conglomerados gruesos potentes y areniscas en cuerpos tabulares y lenticulares con estratificación difusa, cruzada planar o en artesa y clastos imbricados. Los clastos son subangulosos a subredondeados, aumentando la esfericidad en áreas más apartadas de las Sierras Chicas y proceden del basamento metamórfico y de los depósitos cretácicos y cenozoicos infrayacentes (Candiani *et al.*, 2001 a, b).

En los conglomerados finos, matriz soportados, pardo rojizos de los intervalos basal y medio de esta Formación, hay abundantes calcretes nodulares, irregulares y

de dimensiones variables, alcanzando en algunos casos un gran desarrollo y disponiéndose en forma aislada o coalescente, dentro de la matriz arenosa o conglomerádica fina. Las facies descritas sugieren que el ambiente de depositación corresponde a un sistema aluvial, donde hubo una alternancia de procesos gravitacionales con momentos de mayor escorrentía superficial que generó incisiones y cuerpos lenticulares más arenosos. Estos depósitos muestran fracturas conjugadas, pequeñas fallas y un suave plegamiento en los afloramientos cercanos a las sierras (Candiani *et al.*, 2001 a; Astini *et al.*, 2014), las cuales suelen estar rellenas con calcita.

La edad de la Formación Casa Grande ha sido referida inicialmente al Plioceno (Lencinas 1971, Gordillo y Lencinas 1979), Mioceno-Plioceno (Candiani *et al.*, 2001 a, Bonalumi *et al.*, 2005), “Mioceno superior”-Plioceno (Sagripanti *et al.*, 2012), considerando las relaciones stratigráficas y estructurales con otras unidades en el valle de Punilla.

En este valle, sobre el río Cosquín frente a Villa Bustos, fue hallada una asociación de reptiles y mamíferos de edad neógena, aparentemente de la Formación Casa Grande (Tauber *et al.*, 2014). Estos son las tortugas *Chelonoidis chilensis* (De La Fuente y Cabrera 1988) y *Acantochelys cosquinensis* (De la Fuente, 1992) y los mamíferos ungulados *Promacrauchenia* sp. y *Xotodon* sp. (De La Fuente 1986, 1992). Por la presencia de estos ungulados se le asignó una edad Montehermosense – Chapadmalalense a los niveles portadores. Sin embargo, en la actualidad el registro cronológico de esta asociación de mamíferos se considera más amplio (Reguero y Candela, 2011), sugiriendo una edad comprendida entre el Huayqueriense y Chapadmalalense (Mioceno tardío-Plioceno tardío). No obstante, esta interpretación debe ser confirmada con nuevos hallazgos.

Depósitos de relleno cárstico de Las Caleras (Tauber, 2000)

En las Sierras Pampeanas de Córdoba se ha desarrollado un relieve cárstico que afectó a los cuerpos de mármoles dolomíticos y calco dolomíticos, sobre las laderas orientales y áreas cumbreles de los diferentes cordones montañosos de la provincia. En la Sierra Blanca, en la localidad de Las Caleras del Departamento Calamuchita, limitada el este por el valle del río de La Cruz y al oeste por la Cañada de Álvarez, aflora un amplio macizo de mármoles dolomíticos y calcodolomíticos de edad precámbrica tardía, formando un gran pliegue sinforme isoclinal volcado hacia el nordeste. En este cuerpo rocoso y en la cumbre de la Sierra Blanca se formó un incipiente relieve cárstico consistente en algunas galerías y un probable sumidero (Fig. 3, B). Estas cavidades fueron rellenas en parte con materiales clásticos de granulometría muy variable, desde brechas gruesas hasta niveles de sedimentos y sedimentitas silicoclásticas, polimícticas, de cohesión muy variable y con intercalaciones de rocas químicas (costras calcáreas). Los bloques y clastos están compuestos principalmente por gneis, cuarzo y mármoles.

En algunos cuerpos sedimentarios se documentó la presencia de una gran cantidad de restos de vertebrados fósiles: anuros, reptiles, aves y principalmente mamí-

feros. Los vertebrados estudiados hasta la actualidad son materiales indeterminados de anuros y aves de talla reducida, *Tupinambis* cf. *T. merianae*, *Lutreolina* sp., *Thylophorops chapalmalensis*, *Doellotatus chapadmalensis*, *Ringueletia simpsoni*, *Macroeuphractus outesi*, Scelidotheriinae indet., aff. *Dankomys simpsoni*, *Eumysops* sp., *Lagostomus* (*Lagostomopsis*) sp., *Dolichotis* sp., *Cardiatherium* aff. *C. talicei*, *Tremacyllus impressus*, y *Xotodon* sp. (Tauber 2000). Varios restos fósiles de este yacimiento, determinados originalmente como *Cardiatherium* aff. *C. talicei*, fueron reasignados posteriormente a *Phugatherium novum* (Vucetich et al., 2014) y *Eumysops* sp., fue determinados como *Eumysops chapalmalensis* (Olivares y Verzi, 2014).

La asociación de taxones registrados en este yacimiento no parece haberse formado a partir de una acumulación sedimentaria de restos de diferentes antigüedades, e indica una edad Chapadmalalense, probablemente tardía (Tauber, 2000). Las reasignaciones taxonómicas de *Phugatherium novum* y *Eumysops chapalmalensis* permitieron verificar la edad Chapadmalalense determinada originalmente para este yacimiento, coincidente con la edad de los depósitos sedimentarios descriptos previamente en el valle del río de La Cruz (Tauber et al., 2017). Se ha sugerido también una correlación entre estos cuerpos sedimentarios y la Formación Estancia Belgrano, sin embargo, es necesario verificar esta hipótesis con más evidencias.

El conjunto de taxones registrados en Las Caleras no muestran por el momento la posibilidad de una interpretación paleoclimática clara y bien sustentada, ya que, se hallaron restos que potencialmente podrían indicar condiciones climáticas disímiles (Tauber, 2000): por ejemplo húmedas (e.g. *Lutreolina* sp. o *Eumysops chapalmalensis*) asociado con restos de indicadores de condiciones áridas o semiáridas (e.g. *Doellotatus chapadmalensis* y *Dolichotis*). En cuanto a la temperatura ambiental, esta pudo ser templado a cálida por los mamíferos registrados y el ambiente predominantemente abierto, con pastizales o semiabierto, con algunos arbustos y árboles subordinados (Tauber, 2000).

Formación Estancia Belgrano (Santa Cruz, 1972)

Esta unidad se halla compuesta por conglomerados medianos a finos, pobremente seleccionados pero en general por clastos bien redondeados procedentes del basamento y de la Formación Saldán (Cretácico), en su área tipo, dispuestos en cuerpos mantiformes y lenticulares, producidos por amalgamación interna de capas menores.

La secuencia muestra una granulometría, en general decreciente hacia arriba, observándose areniscas gruesas a muy finas que gradan a fangolitas, dispuestas en capas delgadas y tabulares y con frecuencia afectadas por bioturbación y moteados. Entre estas últimas se observan delgadas intercalaciones de pelitas con acumulaciones de calcretes, óxidos de manganeso y hierro, y restos carbonosos. En los cuerpos de areniscas, se desarrolló la estratificación paralela, cruzada, con menor frecuencia ondulítica y bioturbación. El tramo superior de la secuencia está compuesto predominantemente por limolitas y areniscas arcillosas pardas rojizas y paleosuelos.

Estos depósitos yacen en discordancia sobre el basamento metamórfico o encima de las Formaciones Saldán (Cretácico) y Villa Belgrano (Paleógeno, Santa Cruz, 1973 a, Candiani *et al.*, 2001 b), y está cubierto por la Formación Pampeano (Cuaternario, *sensu* Piovano *et al.*, 1992).

La Formación Estancia Belgrano fue asignada por Santa Cruz (1972, 1973 a y b) al “Terciario superior-Pleistoceno bajo”, quien la vinculó con el levantamiento principal de la sierra. Esta unidad fue registrada previamente en el subsuelo del piedemonte y llanura de Córdoba por Frenguelli (1918), Bodenbender (1929) y Schlagintweit (1946). Esta unidad alcanza los centenares de metros en el subsuelo de Córdoba, superando los 263 m de potencia en Santiago Temple (Schlagintweit, 1946).

Por los rasgos litológicos y composicionales, se ha considerado que la Formación Estancia Belgrano sería parcialmente equivalente a la Formación Casa Grande, que tiene su área tipo en el valle de Punilla (Astini *et al.*, 2014). Las dos formaciones están compuestas por conglomerados y areniscas intercalados con calcretes principalmente pedogénéticos y su área de aporte es las Sierras Chicas.

Varios autores que estudiaron los depósitos de la vertiente oriental de las Sierras Chicas les asignaron una edad pliocena por las relaciones estratigráficas con otras unidades de la región (Frenguelli 1918, Cioccale 1999, Candiani *et al.*, 2001 b, Cagniglia 2004), y se ha sugerido también una probable correlación con el yacimiento cárstico de Las Caleras en la Sierra Blanca del departamento Calamuchita (Candiani *et al.*, 2001 b) y con los sedimentos del valle del Río La Cruz; aunque esto debe ser verificado con más evidencias.

Se ha interpretado que esta unidad se originó en coluvios y abanicos aluviales en las zonas proximales y sedimentos fluviales pliocenos en las zonas distales, que en parte habrían producido incisión sobre las unidades estratigráficas previas, logrando en algunos sectores erosionar el techo de la Formación Paraná en la Llanura Chaco-pampeana. Los depósitos más finos corresponderían a mantos de crecidas afectados por bioturbación y pedogénesis, los cuerpos de gravas indicarían períodos de incisión y agradación de complejos de barras gravosas (Piovano *et al.*, 1992). Además, estos autores interpretan cuerpos de agua estacionales con condiciones reductoras donde se habrían depositado pelitas con restos carbonosos y concreciones. Asimismo, indicaron que la presencia de calcretes estaría relacionada con una alternancia de períodos de exposición subaérea y otros de anegamiento. Depósitos loésicos fluviales y palustres cuaternarios cubren las unidades estratigráficas neógenas.

Formación Alpa Corral (Cantú, 1992)

En la vertiente oriental de la Sierra de los Comechingones, en el departamento Río Cuarto, afloran depósitos fosilíferos neógenos continentales (figura 3, D). Sobre el margen derecho del río de las Barrancas, en las proximidades de la localidad de Alpa Corral, se reconoció una secuencia compuesta por dos unidades separadas por una discontinuidad erosiva, la inferior de edad neógena y la superior que corresponde a depósitos aluviales de edad cuaternaria. La unidad basal yace en discordancia

sobre el basamento metamórfico y tiene un espesor visible de 20 m. Está formada mayoritariamente por sedimentos limo arcillosos pardo rojizos, con estratificación horizontal con límites graduales o estructura masiva, en bloques, moteado y cutanes. En forma subordinada se observan cuerpos con secciones lenticulares rellenos con materiales granodecrecientes, desde conglomerados gruesos clasto soportados hasta pelitas.

En la sección basal de ésta, se observaron cinco niveles fosilíferos desde la base al techo, donde se registraron los siguientes taxones: *Lacertilia* indet., (Iguanidae?), *Nopactus coagmentatus*, *Lomaphorus corallinus*, *Proscelidodon patrius*, *Xenodontomys ellipticus*, "*Pithanotomys*" *cordubensis*, *Eucelophorus chapadmalensis*, *Actenomys* sp., *Paleocavia* sp., Caviidae gen. et sp. indet. y *Dankomys simpsoni*. Esta asociación de taxones sugiere una correlación con el piso/edad Montehermosense-Chapadmalense (Plioceno temprano-Plioceno tardío) de la costa atlántica bonaerense (Giannoncelli y Tauber 1997). Sin embargo, las determinaciones taxonómicas de "*Pithanotomys*" *cordubensis* y *Xenodontomys ellipticus* deben ser reconsideradas, ya que la primera especie sería un nuevo género de Octodontinae (sensu Verzi et al., 2002) y la segunda debería ser comparada con *Xenodontomys elongatus*, una especie reconocida y descrita con posterioridad (Verzi et al., 2003).

La asociación de facies sugiere que el paleoambiente correspondería a depósitos de canales desarrollados en una llanura de inundación en áreas abiertas con pastizales. Además, se ha inferido que el valle del río de las Barrancas se habría originado probablemente durante el Mioceno tardío (Giannoncelli y Tauber 1997).

Formación Puelches (Santa Cruz, 1972)

Esta unidad asignada al Plioceno tardío-Pleistoceno fue reconocida en el subsuelo de las cuencas Chacoparaná y General Levalle (Reinante et al., 2014; Calegari et al., 2014). En esta última está representada por una secuencia de 72 m de sedimentos fluviales, conformados esencialmente por niveles de areniscas y conglomerados, constituidos por granos subangulosos a redondeados de cuarzo, feldespatos, micas y clastos líticos con escasa matriz. Se observan intercalaciones de delgados niveles de limolitas y arcilitas de tonos castaños a grises rojizos. Esta Formación se depositó como respuesta al levantamiento andino y el basculamiento de la zona pampeana, cubriendo grandes extensiones de estas cuencas.

CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS

En general, las áreas y depósitos sedimentarios neógenos de Córdoba mejor conocidos desde el punto de vista bioestratigráfico y geocronológico son los afloramientos de la Formación La Playa, Formación Brochero en el valle de San Alberto y los cuerpos sedimentario de relleno del paisaje cárstico de Las Caleras y del valle del Río La Cruz.

El registro paleontológico analizado de toda la cubierta sedimentaria continental de la región serrana y pedemontana más antigua afloran en localidades encontradas hacia el Oeste del cordón montañoso principal de las sierras cordobesas. Cruz (2013) realizó un detallado análisis bioestratigráfico de esta área de la provincia de Córdoba, principalmente en sedimentos pertenecientes a la Formación Brochero, aflorantes sobre el río de Los Sauces (valle de San Alberto) y propuso una Biozona de Asociación de *Nonotherium hennigi-Propanochthus bullifer*. Esta biozona está referida al lapso Montehermosense-Chapadmalalense, (Plioceno temprano-Plioceno tardío), comparándola con la Biozona *Trigodon gaudryi*, *Neocavia depressidens* y/o *Paraglyptodon chapadmalensis* de la provincia de Buenos Aires. Barbieri *et al.* (2016), sugieren la existencia de niveles del Vorohuense (Plioceno tardío-Pleistoceno temprano) en esta Formación, aunque puede haber algún taxón considerado más antiguo. Recientemente, Cruz *et al.* (2017) expusieron un exhaustivo análisis de esta Formación presentando tres hipótesis bioestratigráficas que implican un lapso de depositación de los sedimentos de la Formación Brochero entre un Piso/Edad Montehermosense a un Piso/Edad Marplatense.

Los sedimentos de la Formación La Playa, ubicados al Noroeste del cordón serrano, es en la actualidad considerada de edad Chapadmalalense por la presencia de *Phugatherium novum* (= *Cardiatherium* sp.; Vucetich *et al.*, 2014). Sin embargo, los sedimentos portadores han sufrido fuertes procesos post-depositacionales, por lo que debe contarse con mayor evidencia para su correlación regional con otras localidades y Formaciones.

Por otra parte, la asociación de taxones registrados en Las Caleras y en sedimentos del valle de del Río La Cruz, ambas localidades ubicadas en áreas más orientales, no parece haberse formado a partir de una acumulación sedimentaria de restos de diferentes antigüedades e indican una edad Chapadmalalense, probablemente tardía (Tauber, 2000; Tauber *et al.*, 2014; Asurmendi *et al.*, 2015; Tauber *et al.*, 2017). Se ha sugerido una correlación entre estos cuerpos sedimentarios y la Formación Estancia Belgrano; sin embargo, es necesario verificar esta hipótesis con más evidencias.

Este aparente diacronismo entre los niveles fosilíferos aflorantes al oeste y este del cordón Sierra Grande-Sierra de los Comechingones, parece responder, como se discutirá a continuación, a la deformación andina, dificultando la correlación bioestratigráfica a nivel regional. Sin embargo, estas diferencias en el registro pueden deberse, entre otras, a causas biogeográficas, tafonómicas o por defectos en el registro.

CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y GEOMORFOLÓGICA

Las características de la estratigrafía del Neógeno tardío, los espesores y la arquitectura interna permiten interpretar parcialmente los sistemas sedimentarios, su distribución espacial, las variaciones climáticas y ambientales que se desarrollaron en Córdoba; además, permiten reconstruir el origen y evolución del arreglo, levantamiento y exhumación más recientes que afectaron a las Sierras Pampeanas

Orientales. La secuencia analizada nos permite caracterizar a dos regiones bien diferenciadas, una que está afectada por fuerte compartimentación del registro estratigráfico y litofacial que corresponde a los depósitos sedimentarios expuestos en los valles interserranos, correspondiente a los sectores serranos y pedemontanos y otra distinguida por un registro más continuo en la región de llanuras y cuencas en subsuelo (*e.g.* cuencas Chacoparanense y General Levalle).

Durante el Mioceno más tardío y el Plioceno temprano predominaron procesos morfogenéticos como pone en evidencia la formación del Complejo Volcánico Pocho, vinculado al segmento de subducción subhorizontal, especialmente durante las dos últimas etapas evolutivas de su formación (evento 3 y 4 según Arnosio *et al.*, 2014). Cerca del límite Mioceno – Plioceno se produjo la actividad póstuma en el complejo, constituida por el emplazamiento y colapso de los cuerpos dómicos: Véliz, Ciénaga, Poca y El Burro ($6 \pm 0,4$ - $4,7 \pm 0,3$ Ma). Poco después comenzaron a formarse los depósitos volcanoclásticos secundarios, que permiten comprobar una etapa de mayor destrucción del edificio volcánico, que formó abanicos aluviales muy desarrollados. Hasta el presente no hay datos precisos del lapso de edad de este evento, pero estaría comprendido entre 5,5 a $< 4,7$ Ma (Arnosio *et al.*, 2014).

Con las secuencias estratigráficas de los valles interserranos es dificultoso establecer correlaciones litoestratigráficas confiables debido a que las geometrías de los depósitos sedimentarios son cuneiformes, corresponden a ambientes de los sistemas coluviales y aluviales que se desarrollaron en forma sincrónica con las diferentes etapas de elevación de la sierras y con mucha frecuencia se encuentran afectados por la tectónica andina. Esta dificultad para la ubicación estratigráfica y correlación de las diferentes unidades litoestratigráficas, se debe a que son depósitos de abanicos aluviales continentales detríticos, mayoritariamente epiclásticos (con la excepción de los depósitos volcanoclásticos de Pocho), con bajo potencial de conservación de restos paleontológicos, salvo en las facies finas más distales y de posición estratigráfica más alta. Aun cuando se produjo el levantamiento localizado y una considerable fragmentación en distintos cordones montañosos, en estos valles interserranos se conservaron secuencias sedimentarias del Plioceno, por subsidencia y acomodación localizada, en las áreas cercanas a los frentes de corrimiento. Por esta razón, los principales afloramientos cenozoicos se ubican en bloques bajo-corrídos y buzán con bajo ángulo en el mismo sentido que las fallas maestras (*e.g.* escalón marginal del valle de Punilla). Dado que se trata de sistemas sedimentarios desarrollados en bolsones es común que hayan generado drenajes hacia el centro de las depresiones, comúnmente asimétricas, y sistemas fluviales con diseños centrípetos o colectores longitudinales. En estos ambientes son característicos los cinturones de facies psefíticos proximales y psamíticos hasta pelíticos en situación distal, donde la coloración obedece a las condiciones paleoclimáticas de oxidación y retrabajo del sustrato. Este sería el caso de los depósitos de faldón, actualmente expuestos a la erosión y en situación relíctica o aterrizada que se disponen en los principales valles de Punilla, Calamuchita y de San Alberto. Separando etapas sinorogénicas constructivas con mayores tasas de aporte (agradación-progradación) se desarrollan, particularmente a partir del Mioceno superior, niveles con profusión de paleosuelos y calcretes pedogenéticos que por su extensión areal permiten su correlación.

Fuera del sector serrano e ingresando en las llanuras o regiones marginales la acomodación habría sido mucho menor (menor espesor total preservado) y los sistemas sedimentarios predominantemente fluvio-eólicos. Esto, por un lado, permite sostener correlaciones más regionales de unidades con menor espesor estratigráfico y en muchos casos afectadas por pedogénesis, permitiendo caracterizaciones alopedostratigráficas. Dentro de esta región, alejada de las serranías que expresan la contracción andina del Neógeno, se manifiesta un intervalo estratigráfico con influencia marina. Esto mismo no habría sucedido en la región serrana ni en las regiones periféricas que estaban sufriendo alzamiento, dado que éstas habrían quedado por encima del nivel de base regional que alcanzaron las transgresiones Laguna Paiva y Paranense - Entrerriense.

La existencia de calcretes freatogénicos y mixtos, muy condensados y solapando diversidad de unidades en la región pampeana (incluyendo basamento y cubiertas paleozoicas y mesozoicas) indica una etapa preorogénica en Córdoba que puede rastrearse en toda la región y hacia el subsuelo de las cuencas adyacentes. Este episodio habría dado origen al marcador estratigráfico conocido como Formación Los Llanos (calcretes poligénicos) que permiten interpretar la condición de peneplanicie que dominó Córdoba antes de su etapa de estructuración final a partir del Mioceno medio. Por encima de este “nivel guía”, se desarrollan las columnas neógenas que, con diferente espesor y facies, indican mayor o menor acomodación y proximidad a los frentes serranos. Durante el Plioceno y el Cuaternario, se acentúan los procesos pedogenéticos que generan improntas fácilmente reconocibles permitiendo ensayar esquemas aloestratigráficos y hasta pedostratigráficos en ciertas regiones, pero siempre mejor evidenciados en las regiones de llanura.

En el Valle del Río La Cruz, se pudo interpretar, gracias a las observaciones realizadas allí, la evolución geológica de la cuenca. 1) Los niveles clásticos neógenos basales habrían comenzado a depositarse durante el Plioceno tardío (Piso/Edad Chapadmalalense), directamente en discordancia angular sobre el basamento metamórfico. Este registro se interpreta como una evidencia de los movimientos de ascenso principales de las sierras de Los Comechingones – Las Peñas, de edad prechadmalalense que habrían comenzado durante el Plioceno temprano (pre-Chapadmalalense) como producto de la fase tectónica temprana del Mioceno - Plioceno (Tauber *et al.*, 2017 y referencias allí citadas); 2) Los depósitos sedimentarios basales de la secuencia neógena corresponden a la asociación de facies A de edad Chapadmalalense (ver arriba: descripción litoestratigráfica) y fueron correlacionados con la sección superior de las formaciones Brochero, Casa Grande y Estancia Belgrano y son cronológicamente equivalentes con el relleno sedimentario del ambiente cárstico de Las Caleras, en el área cumbral de la Sierra Blanca. La presencia de sedimentos finos cercanos a las Sierras de Los Comechingones y Sierra Blanca y el desarrollo de varios niveles de paleosuelos muy maduros próximos a la base de la secuencia neógena, sugiere que para el Plioceno tardío tanto la Sierra de Achala como la de Las Peñas carecían de una expresión topográfica de gran magnitud. Esto fue igualmente interpretado previamente para el área tipo de la Formación Brochero (Kraemer *et al.*, 1993); 3) Se produjo un incremento de la pedogénesis y estabilidad tectónica, probablemente a nivel regional, hacia finales del Piso/Edad

Chapadmalalense; 4) Posteriormente se produjo un nuevo movimiento tectónico y cambio de nivel de base entre el límite Plioceno tardío y Pleistoceno temprano (post-Chapadmalalense, Marplatense? –Ensenadense). Esta hipótesis coincide, en líneas generales, con las interpretaciones previas de varios autores a nivel regional, quienes reconocen un importante movimiento tectónico al finalizar el Plioceno (Kraemer *et al.*, 1993; Tauber, 2000; Martino *et al.*, 2014); 5) Como consecuencia del último movimiento tectónico, se generó un marcado paleorrelieve y mediante disconformidad, se depositaron sedimentos fluviales de la asociación de facies B de edad Ensenadense. Esto también fue documentado e interpretado en el valle de Calamuchita, inmediatamente al norte del área de este valle (Tauber *et al.*, 2017 y referencias allí citadas); 6) Una reactivación ocurrida durante el Pleistoceno temprano a medio (entre el Ensenadense - Bonaerense), produjo otro cambio del nivel de base y generó una nueva disconformidad muy pronunciada; 7) Sobre la superficie erosiva producida como consecuencia de la última reactivación tectónica, se acumularon en disconformidad los niveles de la asociación de facies C del Pleistoceno medio a tardío (pisos/edades Bonaerense-Lujanense; correlacionable con la Formación Chocancharava) y luego, en aparente conformidad, los depósitos eólicos del Pleistoceno tardío y Holoceno temprano (Piso/Edad Lujanense; asociación de facies D). Estas últimas etapas, también fueron documentadas recientemente en el valle de Calamuchita, hacia el Norte del valle del río de La Cruz (Tauber *et al.*, 2017 y referencias allí citadas).

A manera de conclusión, la compartimentación de los diferentes valles interserranos y cordones serranos, habría impactado sobre la diversificación de tipos de sustratos y altitudes que controlaron el desarrollo de la biota durante el Mioceno y Plioceno. Esta hipótesis explica la distribución de las diversas asociaciones de taxones de vertebrados registrados en estos valles y algunos probables casos de endemismo, dificultando las correlaciones bioestratigráficas entre las distintas secciones de estas cuencas. Por último, el registro paleontológico de mamíferos neógenos de las provincias de Córdoba y San Luis, permitirían documentar la progresión diacrónica, en cuanto a las etapas de formación e inicio de la sedimentación en estos valles o depocentros, como consecuencia de la subducción de bajo ángulo de la placa de Nazca (Tauber *et al.*, 2017). Esta deformación se habría producido como mínimo desde el Mioceno tardío en la cuenca de Beazley, al oeste de la Sierra de San Luis (Edad Chasiquense; Pascual, 1954) y el Mioceno más tardío en la cuenca del río Quinto, en la Provincia de San Luis (Edad Huayqueriense; Cerdeño *et al.*, 2008; Chiesa *et al.*, 2011; Lucero, 2016); en el Plioceno temprano en el valle de San Alberto (Edad Montehermosense; Cruz, 2013) y Plioceno tardío en el valle de La Cruz (Edad Chapadmalalense; Tauber *et al.*, 2017) en la provincia de Córdoba.

CONSIDERACIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Las Sierras Pampeanas de Córdoba ocupan una posición geográfica intermedia entre la región noroeste de Argentina, la costa atlántica bonaerense y la región Pampeana. Por tal motivo, es importante analizar los diferentes conjuntos de taxones de

los yacimientos paleontológicos de Córdoba con la finalidad de interpretar acerca de las conexiones biogeográficas entre estas regiones durante el Neógeno. Al respecto, Reguero y Candela (2011) interpretaron que la diferenciación faunística, a nivel de género, entre las regiones del Noroeste, Noreste argentino y de la costa atlántica comenzó aproximadamente en el límite Mioceno medio a tardío; además, en el Noroeste argentino, el endemismo de la fauna se incrementó en el Mioceno tardío.

La distribución geográfica de los taxones registrados, sugiere que en las Sierras Pampeanas de Córdoba hubo asociaciones faunísticas intermedias, entre las del noroeste argentino y la región Pampeana. Las especies *Thylophorops chapalmalensis*, *Ringueletia simpsoni*, *Macroeuphractus outesi*, *Macrochorobates chapalmalensis*, *Plohophorus* sp. (ver Cruz, 2011), *Nopachtus coagmentatus* (ver Zamorano, 2012), *Xenodontomys ellipticus*, *Eucelophorus chapadmalensis*, *Dankomys simpsoni*, *Pseudotypotherium hystatum* y *Phugatherium novum* son características de la región Pampeana (provincias de Buenos Aires, La Pampa y parte sudoriental de San Luis; *Plohophorus* también en Uruguay). En Córdoba, estos taxones fueron registrados principalmente en las localidades situadas en el sudeste de la región serrana (Alpa Corral, Las Caleras y el río de Los Sauces, en Calamuchita) y *Macrochorobates chapalmalensis* se registró en Las Caleras (Tauber *et al.*, 2014) y el valle de San Alberto. Contrariamente a esto, los taxones que tienen una distribución en la región noroeste de Argentina fueron registrados en el valle de San Alberto (*Phlyctaenopyga* sp.). La especie *Plaina brocherense* del valle de Los Reartes, descrita por Castellanos (1958), fue reconocida como una probable especie válida, pero sería transferible al género *Vasallia* (De Iulis y Edmund, 2002), género cuyas especies conocidas se registraron solamente en la región noroeste de Argentina (Catamarca y Tucumán, Reguero y Candela 2011). A esto se suman los taxones conocidos solamente por hallazgos de las sierras cordobesas, como *Nopachtus coagmentatus*, *Propanochthus bullifer*, *Nonotherium hennigi*, “*Ctenomys*” (*Paractenomys*) *cordubensis*, un octodontino de Alpa Corral (Verzi *et al.*, 2002) que está en estudio y *Chukimys favaloro* (Barbieri *et al.*, 2016), entre otros. En síntesis, el registro paleontológico de las Sierras de Córdoba, parece coincidir con las interpretaciones de Reguero y Candela (2011), con respecto a la antigüedad del endemismo y la diferenciación faunística entre el Noroeste, Noreste y la costa atlántica.

La diferenciación faunística entre las regiones del noroeste y Pampeana, y el aumento del endemismo durante el Mioceno medio y tardío, coincide temporalmente con el arribo de la placa de Nazca subducida con bajo ángulo, produciendo el fallamiento y el corrimiento de los bloques del basamento hace unos 10 Ma (Jordan y Allmendinger, 1986). Las regiones montañosas tienen un alto potencial para producir diferenciaciones faunísticas, endemismo, distribuciones discontinuas y son refugios de especies amenazadas (*e.g.* Cantero *et al.*, 2011). De esta manera se generó un importante relieve que condujo a la fragmentación de los ambientes en la región de las Sierras Pampeanas, siendo esta una de las causas probables e importantes de la diferenciación faunística y del aparente endemismo mencionado (Tauber *et al.*, 2014; Krapovickas *et al.*, 2017).

PALEOAMBIENTES Y PALEOCLIMAS

Las evidencias sedimentológicas y paleontológicas disponibles para el Neógeno de la provincia de Córdoba, permitieron realizar interpretaciones paleoclimáticas y paleoambientales que no son concluyentes.

Por un lado, el conjunto de vertebrados registrados hasta la actualidad de la Formación Brochero, contienen elementos típicos de las condiciones áridas y frías de la edad Chapadmalalense en la región pampeana bonaerense. Estos elementos fueron registrados en los niveles inferiores (e.g. *Doellotatus*); por el contrario, los taxones indicadores de condiciones más húmedas y de edad Vorohuense (e.g. Echimyidae) están restringidos a los niveles superiores de esta unidad estratigráfica (Barbiere et al., 2016). Según estos autores, los datos sedimentológicos son acordes con esta interpretación, ya que, históricamente los sedimentos de la Formación Brochero fueron inferidos como antiguos conos aluviales dispuestos con cabeceras hacia el oeste donde dominan facies proximales y basales gravosas, las que son cubiertas por facies finas en los sectores medios y distales (centro del valle). Ese modelo implica una progradación de facies lateral y vertical que no permite explicar correctamente el hallazgo de fósiles de diferentes edades en sitios muy próximos entre sí que se hallan en el mismo nivel topográfico (ver Cruz et al., 2017). Con lo cual, recientemente, estos autores sugieren una asociación de facies sedimentarias diferente que evidencian un paleoambiente fluvial de tipo meandriforme, donde reconocieron dos subambientes principales: los canales (constituirían las facies 1-4 descritas por Cruz et al., 2017) y las llanuras de inundación vegetadas (facies 5-6 de Cruz et al., 2017). Este escenario casi siempre indica extensas zonas planas y bajas, intensamente vegetadas, asociadas con cuerpos de agua estables con la circulación de agua libre, lo que se condice con la fauna asociada y descrita por estos autores. Finalmente, por la ubicación paleogeográfica durante tiempos pliocenos del Valle de San Alberto, se considera que estos sistemas fluviales se desarrollaron bajo condiciones climáticas más templadas que las registradas en la actualidad.

Por otro lado, el conjunto de taxones registrados en Las Caleras no muestran por el momento la posibilidad de una interpretación paleoclimática clara y bien sustentada, ya que, se hallaron restos que potencialmente podrían indicar condiciones climáticas disímiles (Tauber, 2000): por ejemplo húmedas (e.g. *Lutreolina* sp. o *Eumysops chapadmalensis*) asociado con restos de indicadores de condiciones áridas o semiáridas (e.g. *Doellotatus chapadmalensis* y *Dolichotis*). En cuanto a la temperatura ambiental, esta pudo ser templado a cálida por los mamíferos registrados y el ambiente predominantemente abierto, con pastizales o semiabierto, con algunos arbustos y árboles subordinados (Tauber, 2000).

Por otra parte, Tauber et al. (2017) proponen la hipótesis de un clima templado húmedo y un ambiente predominantemente abierto, con pastizales o estepas herbáceas o arbustivas para el Plioceno tardío (edad Chapadmalalense; evidenciado por la presencia de los paleosuelos maduros, muy bioturbados, con estructuras prismática y gran translocación de arcillas y el registro de *Ringueletia simpsoni*, *Doellotatus chapadmalensis* y *Pachyrukhinae* gen. et sp. indet), que pasaría a un clima semiárido y ambiente abierto de pastizales durante el Pleistoceno temprano-medio (edad

Ensenadense; evidenciado por la presencia de estructuras calcáreas como tabiques verticales y moldes de raíces y el registro de *Glyptodon munizi*).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los doctores Roberto Martino y Claudio Carignano por las discusiones que condujeron al hallazgo de las nuevas localidades fosilíferas del valle del río de La Cruz y a SECyT-UNC (A.A. Tauber) por los subsidios otorgados.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D. y Tauber, A. 2003. Nuevos registros de mamíferos en la Formación Brochero (Plioceno temprano) del valle de Nono, Córdoba, República Argentina. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 40 (4): 50.
- Álvarez, D. y Tauber, A. 2003. Vertebrados de la Formación Brochero (Mioceno tardío-Plioceno) de Córdoba, Argentina. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 41 (4): 32-33.
- Ameghino, F. 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba* 6:1-1028.
- Arnosio, M., Popridkin, C., Báez, W. y Bustos, E. 2014. El vulcanismo terciario: Complejo Volcánico Pocho. En Martino, R. D. y Guerreschi, A. B. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino*: 623-647. Buenos Aires.
- Astini, R. A., Tauber, A. A., Marengo, H. G. y Oviedo, N. del V. 2014. Cubierta sedimentaria Cenozoica (Paleogeno-Neogeno). En: Martino, R. D. y Guerreschi, A.B. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino*: 539-589. Buenos Aires.
- Asurmendi, I. 2015. Estratigrafía y vertebrados fósiles del Cenozoico tardío del río de La Cruz, departamento Calamuchita, provincia de Córdoba. Trabajo Final, Universidad Nacional de Córdoba (inédito), 100 p., Córdoba.
- Asurmendi, I., Tauber, A. A. y Krapovickas, J. M. 2015. Estratigrafía y vertebrados fósiles del Cenozoico tardío del Río de la Cruz, Departamento Calamuchita, Provincia de Córdoba. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 53 (1): 5.
- Barbiere, F., Cruz, L. E., Ortíz, P. E. y Pardiñas, U. F. J. 2016. A new genus of Sigmodontinae (Mammalia, Rodentia, Cricetidae) from the Pliocene of central Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 36, doi: 0.1080/02724634.2016.1199557
- Beltramone, C. A. 2004. Caracterización estructural del piedemonte occidental de las Sierras Chicas y de Pajarillo-Copacabana entre La Cumbre y Las Lajas, provincia de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (3): 423-432.

- Berman, W. D. 1994. Los carnívoros continentales (Mammalia, Carnivora) del Cenozoico en la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (inédito), 412 p., La Plata.
- Bondesio, P. y Pascual, R. 1981. Un *Cardiatheriinae* (Mammalia, Hydrocheridae) de los calcáreos travertínicos de Las Playas (Córdoba). Edad y correlaciones. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 18: 169-175.
- Bonalumi, A., Martino, R., Baldo, E., Zarco, J., Sfragulla, J., Carignano, C., Kraemer, P., Escayola, M., Tauber, A., Cabanillas, A., Juri, E. y Torres, B. 1999. Hoja Geológica 3166-IV, Villa Dolores. Provincias de Córdoba, La Rioja y San Luis. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 250, 123 p, Buenos Aires.
- Bonalumi, A., Martino, R., Sfragulla, J., Carignano, C. y Tauber, A. 2005. Hoja Geológica 3363-I, Villa María. Provincia de Córdoba. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 347, 74 p., Buenos Aires.
- Bond, M. 1986. Los ungulados fósiles de Argentina: evolución y paleoambientes. IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 2: 173-185, Mendoza.
- Breccia, M. 2008. Geología y estratigrafía de la Formación La Playa, Departamento Minas, Provincia de Córdoba. Trabajo Final, Universidad Nacional de Córdoba (inédito), 72 p., Córdoba.
- Brizuela, S. y Albino, A. M. 2012. The teiid lizard *Tupinambis* in the Miocene-Pliocene of Córdoba and Entre Ríos provinces (Argentina). *Ameghiniana*, 49 (2): 262-266.
- Burmeister, G. 1874. Monografía de los gliptodontes en el Museo Público de Buenos Aires. *Anales del Museo Público de Buenos Aires* 2 (6): 355-412.
- Calegari, R. J., Chebli, G., Manoni, R. S. y Lázari, V. 2014. Cuencas cretácicas de la región central del país: General Levalle. En: Martino, R.D. y Guerreschi, A.B. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: 913-937, Buenos Aires.
- Candela, A. M. 2004. A new giant porcupine (Rodentia, Erethizontidae) from the late Miocene of Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 24 (3): 732-741.
- Candiani, J. C., Carignano, C., Stuart-Smith, P., Lyons, P., Miró, R. y Lopez, H. 2001a. Hoja Geológica 3166-II, Cruz del Eje, Provincia de Córdoba. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 249, 77 p, Buenos Aires.
- Candiani, J. C., Stuart-Smith, P., Gaido, F., Carignano, C., Miró, R. y López, H. 2001b. Hoja Geológica 3163-I, Jesús María, Provincia de Córdoba. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 314, 74 p, Buenos Aires.
- Cantero, J. J., Sfragulla, J. A., Nuñez, C., Bonalumi, A. A., Mulko, J., Amuchastegui, A., Chiarini, F., Barboza, G.E., Ariza Espinar, L., 2011. Flora de los aflora-

- mientos de mármoles y serpentinitas de las Sierras de Córdoba (Argentina). *Kurtziana* 36, 11-45.
- Cantú, M. 1992. Provincia de Córdoba. En Iriondo, M. (Ed.) *El Holoceno en la Argentina*, CADINQUA 1: 1-16, Buenos Aires.
- Castellanos, A. 1936. Los sedimentos del Pampeano inferior y del Araucano en el Valle de Los Reartes. Publicaciones de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales aplicadas a la industria de la Universidad Nacional del Litoral, Serie Técnico-Científica 6: 1-110.
- Castellanos, A. 1942. Los sedimentos prepampeanos del Valle de Nono (Sierra de Córdoba) Argentina. Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología de la Universidad Nacional del Litoral 4: 1-63.
- Castellanos, A. 1944. Paleontología estratigráfica de los sedimentos neógenos de la provincia de Córdoba. Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología de la Universidad Nacional del Litoral 23: 5-47.
- Castellanos, A. 1951. Un nuevo género de esclerocaliptino (*Isolinia*) descubierto en el Araucaniano del valle de Los Reartes (Sierra de Córdoba, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 6 (2): 96-99.
- Castellanos, A. 1956. Nota preliminar sobre nuevos restos de mamíferos fósiles en el Brocherense del Valle de Los Reartes (provincia de Córdoba, Argentina). XX Congreso Geológico Internacional: 217-233, México.
- Cerdeño, E.; Chiesa, J. & Ojeda, G. 2008. Presence of *Oxydontherium* (Macraucheniiidae, Litopterna) in the Río Quinto Formation, San Luis (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 217–226. doi:10.1016/j.jsames.2007.06.004
- Chiesa, J., Basaez, A., Navio, J., Strasser, E., Ojeda, G. y Lucero, N. 2011. Estratigrafía del Neógeno de San Luis, Argentina. En Salfity, J. y Marquillas, R. (ed.) *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*: 75-89, Instituto del Cenozoico, Universidad Nacional de Salta. SCS Publisher.
- Chimento, N. R., Derguy, M. R. y Hemmer, H. 2014. Puma (*Herpailurus*) pumoides (Castellanos, 1958). Comentarios sistemáticos y registro fósil. *Estudios geológicos*, Serie Correlación Geológica 30 (2): 92-134.
- Cioccale, M. A. 1999. Investigación geomorfológica de las Cuencas Serranas. Estudio geomorfológico integral: Morfodinámica, morfometría y morfogénesis del flanco oriental de las Sierras Chicas de Córdoba. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba (inédito) 121 p., Córdoba.
- Costa, C., Massabie, A., Sagripanti, G., Brunetto, E. y Coppolecchia, M. 2014. Neotectónica de la provincia de Córdoba. En: Martino, R. D. y Guerreschi, A.B. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: 725-748, Buenos Aires.
- Cruz, L. E. 2011. La megafauna del Pleistoceno-Holoceno temprano de la provincia de Córdoba y su comparación con la de Buenos Aires. Sistemática, Bioestratigrafía y Dinámica Faunística. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédito), 226 p., La Plata.
- Cruz, L. E. 2013. "Biostratigraphy and geochronology of the late Cenozoic of Córdoba Province (Central Argentina)". *Journal of South America Earth Sciences* 42: 250-259.

- Cruz, L. E., Fernicola, J. C., Carignano. 2017. New vertebrates of the Brochero Formation (Córdoba, Argentina): a review of the Pliocene of central Argentina. *Journal of Mammalian Evolution* DOI 10.1007/s10914-017-9390-0.
- Cruz, L. E., Vucetich, M. G., Deschamps, C. M. y Carignano, C. G. 2013. Primer registro de carpinchos (Rodentia, Hydrochoeridae) en la Formación Brochero (Plioceno, Córdoba, Argentina). *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 50 (6): 43.
- Cruz, L. E., Fernicola, J. C., Carignano, C., Bargo, M. S., Bond, M., Brizuela, S., Candela, A. M., Deschamps, C. M., Kaluza, J., Ortiz, P., Pardiñas, U. F. J., Perez Ben, C., Teta, P. y Vucetich, M. G. 2014. New vertebrate assemblage from the Brochero Formation (late Pliocene), Cordoba province, Argentina. IV International Palaeontological Congress, Actas: 689, Mendoza, Argentina.
- Deschamps, C. M., Vucetich, M.G., Montalvo, C. I. y Zárata, M. A. 2013. Capybaras (Rodentia, Hydrochoeridae, Hydrochoerinae) and their bearing in the calibration of the late Miocene-Pliocene sequences of South America. *Journal of South American Earth Sciences* 48: 145-158.
- Donadío, O. 1982. Los lacertilios fósiles de la Provincia de Córdoba (Sauria, Teiidae) y sus implicancias paleoambientales. III Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas: 217-223, Corrientes.
- Frenguelli, J. 1918. Notas preliminares sobre la constitución geológica del subsuelo de la cuenca de Córdoba. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 23: 203-220.
- Giannoncelli, R. M. y Tauber, A. A. 1997. Nueva localidad fosilífera del Plioceno en la Provincia de Córdoba, República Argentina. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 34: 119.
- Gordillo, C. E. y Lencinas, A. 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y de San Luis. En Turner J. M. C. (ed.) II Simposio Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias: 577-650, Córdoba.
- Kraemer, P., Tauber, A., Schmidt, C. y Ramé, G. 1993. Análisis cinemático de la "Falla de Nono". Evidencias de actividad neotectónica. Valle de San Alberto, Provincia de Córdoba. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 277-281, Mendoza.
- Kraglievich, L. 1934. La antigüedad pliocena de las faunas de Monte Hermoso y Chapadmalal, deducidas de su comparación con las que le precedieron y sucedieron. Imprenta "El Siglo Ilustrado": 17-136, Montevideo.
- Kraglievich, J. L. y Reig, O. A. 1954. Un Nuevo prociónido del Plioceno de Las Playas (Provincia de Córdoba). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 9: 210-231.
- Krapovickas, J. M. 2014. Estratigrafía y mamíferos fósiles de las Sierras Pampeanas de la Provincia de Córdoba, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (inérita), 391 p., Córdoba.
- Krapovickas, J. M., Tauber, A. A. y Haro, A. 2017. Quaternary biostratigraphy and biogeography of mountain region of Córdoba, Argentina. *Geobios*. DOI: 10.1016/j.geobios.2017.03.001.

- Lencinas, A. 1971. Geología del Valle de Punilla entre Bialet MAssé y La Cumbre, Provincia de Córdoba. Boletín Asociación Geológica de Córdoba 1 (2): 61-71.
- Lucero, N. 2016. Bioestratigrafía y Paleontología del Neógeno y Cuaternario de San Luis, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Luis (inédita), 218 p, San Luis.
- Martino, R. D., Guerreschi, A. B. y Carignano, C. C. 2012. Influencia de la tectónica preandina sobre la tectónica andina: el caso de la falla de la Sierra Chica, Sierras Pampeanas, de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52 (3): 207-221.
- Martino, R. D.; Guerreschi, A.B. & Montero, A. C. 2014. La estructura cenozoica (paleógena-neógena) de las sierras de Córdoba. In: R.D. Martino & A.B. Guerreschi (eds.) Relatorio de la geología y recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Asociación Geológica Argentina, p. 649-671.
- Marshall, L. G., Berta, A. Hoffstetter, R., Pascual, R., Reig, O., Bombin, M. y Mones, A. 1984. Mammals and stratigraphy: Geochronology of the continental mammal-bearing quaternary of South America. Paleovertebrata, Mémoire Extraordinaire 1-76.
- Olivares, A. I. y Verzi, D. H. 2014. Systematics, phylogeny and evolutionary pattern of the hystricognath rodent *Eumysops* (Echimyidae) from the Plio-Pleistocene of southern South America. Historical Biology 7: 1042-1061.
- Olsacher, J. 1960. Descripción geológica de la Hoja 20h - Los Gigantes, Provincia de Córdoba. Dirección Nacional de Minería y Geología, Anales 12, 90: 5-46.
- Pascual, R. 1954. Adiciones a la fauna de la Formación de Los Llanos de San Luis y su edad. *Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradición de Mar del Plata*, 1: 113-121.
- Piovano, E. L., Manzur, A. y Pasquini, A. I. 1992. Análisis paleoambiental de las formaciones aflorantes al oeste de la ciudad de Córdoba. IV Reunión Argentina de Sedimentología, Actas 3: 105-111, La Plata.
- Reinante, S. M., Olivieri, G., Salinas, A., Lovecchio, J. P. y Basile, Y. 2014. La Cuenca Chacoparaná: estratigrafía y recursos de hidrocarburos. En: Martino, R.D. y Guerreschi, A.B. (eds.), Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: 895-912. Buenos Aires.
- Richardson, T., Ridgway, K., Gilbert, H., Martino, R., Enkelmann, E., Anderson, M. y Alvarado, P. 2013. Neogene and Quaternary tectonics of the Eastern Sierras Pampeanas, Argentina: Active intraplate deformation inboard of flat-slab subduction, Tectonics 32: 780-796.
- Sagripanti, G. L., Villalba, D. y Villegas, M. B. 2012. Nuevas evidencias de deformaciones cuaternarias asociadas a la falla Sierra Chica, Sierras Pampeanas de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 69 (4): 611-626.
- Santa Cruz, J. N. 1972. Geología al Este de la Sierra Chica (Córdoba) valle del Río Primero. Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba 1 (3-4): 102-109.

- Santa Cruz, J. 1973a. Cortes geológicos transversales del valle de río Santa Catalina (Córdoba) en un sector del pie de sierra. Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba 2 (1-2): 25-29.
- Santa Cruz, J. 1973b. Geología al este de la Sierra Chica (Córdoba), entre La Granja y Unquillo con especial referencia a las entidades sedimentarias. V Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 221-234, Villa Carlos Paz (Córdoba).
- Sayago, J. M. 1975. Geomorfología aplicada del valle de San Alberto (Provincia de Córdoba). Tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba (inédito), 131 p., Córdoba.
- Sayago, J. M. 1979. Geomorfología del Valle de San Alberto, Provincia de Córdoba. VII Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 89-107, Neuquén.
- Soibelzon L. y Prevosti F. J. 2008. Los carnívoros (Carnivora, Mammalia) terrestres del Cuaternario de América del Sur. En Pons G. X. y Vicens D. (ed.) Geomorfología Litoral y Cuaternario. Homenaje a Joan Cuerda Barceló. Monografías de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares 14: 49-68, Palma de Mallorca.
- Tauber, A. A. 2000. Las Caleras, Provincia de Córdoba, primer yacimiento fosilífero de origen cárstico de Argentina. Revista Española de Paleontología 15 (2): 233-244.
- Tauber, A. A., Asurmendi, I. y Krapovickas, J. M. 2017. Bioestratigrafía de vertebrados y evolución geológica del Cenozoico tardío del Valle de La Cruz, Córdoba, Argentina. Revista Brasileira de Paleontologia 20 (2): 219-238.
- Tauber, A. A., Krapovickas, J. M., Marengo, H. G. y Haro, J. A. 2014. Paleontología del Cenozoico. En: Martino, R.D. y Guerreschi, A.B. (eds.), Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: 591-621, Buenos Aires.
- Verzi, D. H., Montalvo, C. I. y Tiranti, S. 2003. Un nuevo *Xenodontomys* (Rodentia, Octodontidae) del Mioceno tardío de La Pampa, Argentina. Patrón evolutivo y biocronología. Revista de la Asociación Paleontológica Argentina 40: 229-238.
- Verzi, D. H., Tonni, E.P., Scaglia, O. A. y San Cristóbal, J. O. 2002. The fossil record of the desert-adapted South American rodent *Tympanoctomys* (Rodentia, Octodontidae). Paleoenvironmental and biogeographic significance. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 179: 149-158.
- Vucetich, M. G., Deschamps, C. M., Pérez, M. E. y Montalvo, C. I. 2014. The taxonomic status of the pliocene capybaras (Rodentia) *Phugatherium* Ameghino and *Chapalmatherium* Ameghino. Revista de la Asociación Paleontológica Argentina 51 (3): 173-183.

