

Marco estratigráfico, paleontología de vertebrados y paleoambientes del Plioceno de Catamarca, Tucumán y Santiago del Estero, Argentina

Graciela ESTEBAN¹, Sergio GEORGIEFF^{2,3}, Norma NASIF¹, Lucía IBÁÑEZ^{2,4}, Ricardo BONINI⁵

¹ Instituto Superior de Correlación Geológica, INSUGEO- CONICET, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. gracielaesteban@gmail.com, norma_nasif@yahoo.com.ar

² Instituto de Estratigrafía y Geología Sedimentaria Global, IESGLO, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. sergio_georgieff@csnat.unt.edu.ar, lmibanez@lillo.org.ar

³ CONICET. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

⁴ Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

⁵ INCUAPA-CONICET, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Av. del Valle 5737, B7400JWI Olavarría, Argentina. rbonini@fcnym.unlp.edu.ar

RESUMEN

Palabras clave:

Vertebrados fósiles
Zancleano
Piacenziano
Noroeste de Argentina

Los afloramientos de sedimentitas asignadas al Plioceno están ampliamente distribuidos en todas las provincias del Noroeste de Argentina, alcanzando en alguna de ellas importantes espesores. Aunque tienen amplia distribución areal, los afloramientos se encuentran desconectados físicamente, dando lugar a cuencas de carácter intra o intermontanas. En esta contribución analizamos aquellas áreas o localidades que presentan registros de vertebrados fósiles con buena procedencia estratigráfica y áreas que por la extensión de los afloramientos son potenciales zonas portadoras de fósiles. Las edades que se conocen hasta el momento (dataciones absolutas y edades estimadas) permiten referir las asociaciones faunísticas registradas en las localidades de Puerta de Corral Quemado (inferior) y San Fernando al Plioceno temprano (Zancleano) y sólo una en Puerta de Corral Quemado (superior) al Plioceno tardío (Piacenziano), todas en la provincia de Catamarca. La fauna reconocida para la localidad de Encalilla en la provincia de Tucumán, se refiere al Plioceno temprano (Zancleano) y por el momento, la asociación recuperada en Las Termas de Río Hondo (Santiago del Estero) solo puede ser referida al Plioceno.

ABSTRACT

Keywords:

Fossil vertebrates
Zanclean
Piacenzian
Northwest of Argentina

“STRATIGRAPHIC FRAMEWORK, PALEONTOLOGY OF VERTEBRATES AND PALEOENVIRONMENTS OF THE PLIOCENE OF CATAMARCA, TUCUMÁN AND SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA”. The sedimentary outcrops assigned to the Pliocene are widely distributed in all the provinces of Northwest Argentina, most of them with important thicknesses. Although they have a wide distribution, outcrops are physically disconnected both in the intramontane and intermontane basins. In this contribution we analyze those areas or localities that present records of fossil vertebrates with good stratigraphic origin and areas that by the extension of the outcrops are potential areas bearing fossils. The ages known to date (absolute dates and estimated ages) allow us to refer to the faunal associations registered in the localities of Puerta de Corral Quemado (lower) and San Fernando to the early Pliocene (Zancleano) and only one in Puerta de Corral Quemado (upper) to late Pliocene (Piacenziano), all in the province of Catamarca. The fauna recognized for Encalilla in the province of Tucumán, refers to the early Pliocene (Zancleano) and for the moment, the association recovered in Las Termas de Río Hondo (Santiago del Estero) can only be referred to the Pliocene.

INTRODUCCIÓN

Los afloramientos de sedimentitas asignadas al Plioceno están ampliamente distribuidos en todas las provincias del Noroeste de Argentina, alcanzando en alguna de ellas importantes espesores. Los depósitos de las provincias de Catamarca, Tucumán y Santiago del Estero están distribuidos en dos provincias geológicas. Los más extensos se encuentran en Sierras Pampeanas Noroccidentales que incluyen a las provincias de Catamarca y Tucumán y hacia el este la Llanura Chaco Bonaerense (Ramos, 1999). En las localidades ubicadas en el área de Sierras Pampeanas Noroccidentales, los depocentros son mayormente valles intermontanos y los faldeos de las sierras, con discontinuidades físicas significativas por lo que la vinculación cronoestratigráfica es compleja (Georgieff *et al.*, 2014). Los afloramientos estudiados en Santiago del Estero se extienden en la llanura hacia el sudeste de la provincia de Tucumán (figura 1).

Las condiciones de depositación del Plioceno se correlacionan temporalmente con los pulsos de levantamiento más importantes de la región (Bossi *et al.*, 1993, 1999, 2001; Georgieff, 1998; Muruaga, 1998; Del Pero, 2010; Iaffa *et al.*, 2013) lo que explica que, aunque tienen amplia distribución areal, los afloramientos se encuentran desconectados físicamente, dando lugar a cuencas de carácter intra o intermontanas. Por su parte, la sedimentología muestra cambios de estilo y dirección en la red de drenaje regional, inducidas por los cambios tectónicos tanto en los bordes como en el centro de la cuenca (Del Pero, 2010; Georgieff *et al.*, 2012). A su vez, la estratigrafía muestra que hay una depositación similar con arreglos grano y estrato-

crecientes (Muruaga, 1998; Georgieff e Ibañez, 1999; Bossi *et al.*, 1999; Georgieff *et al.*, 2008; Del Pero y Georgieff, 2011). La suma de estos elementos estratigráficos y sedimentológicos ha conducido a propuestas de correlación litoestratigráficas regionales (Cuenca de Santa María – Hualfín, Bossi *et al.* 1993, 1999; Bossi y Muruaga, 2009). Estas propuestas, fueron recientemente contrastadas con dataciones absolutas (Georgieff *et al.*, 2014; Spagnuolo *et al.*, 2015; Bonini *et al.*, 2017) en las que la cronoestratigrafía de detalle del relleno de diferentes cuencas indica evoluciones independientes para cada caso.

Entre las áreas presentadas en este trabajo, el Valle de Santa María se conoce desde fines del siglo XIX por su riqueza paleontológica. Los primeros fósiles de mamíferos son recuperados en el año 1877 y son descriptos por Florentino Ameghino (1891a). Son numerosos los trabajos que han dado a conocer la diversa fauna del Neógeno tardío de esta región, ya desde fines del siglo XIX y principios del XX (Moreno, 1882; Moreno y Mercerat, 1891; Ameghino, 1889, 1891a, 1891b; Lydekker, 1894; Mercerat, 1895; Rovereto, 1914; C. Ameghino, 1919). El listado faunístico no solo incluye todos los grupos de mamíferos que habitaron en América del Sur durante este período, sino también anfibios anuros, reptiles quelonios y aves.

El valle de Hualfín-Belén fue prospectado por primera vez con fines paleontológicos en 1926, por una expedición del Field Museum of Natural History de Chicago (Estados Unidos de América), bajo la dirección del Dr. Elmer Riggs. En las localidades Puerta de Corral Quemado y Corral Quemado hay, también, un importante registro que incluye diversos grupos de vertebrados, principalmente mamíferos. Lamentablemente la cuantiosa colección realizada en estas localidades está depositada en el Museo de la ciudad de Chicago antes mencionado y en el país sólo se cuenta con calcos de algunos ejemplares depositados en el Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (Buenos Aires) y en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (La Plata, Buenos Aires).

El área de San Fernando fue prospectada con fines paleontológicos en las campañas realizadas en 1927, 1929 y 1930 por el Dr. Ángel Cabrera del Museo de La Plata, quien estudió parcialmente esta fauna, en particular los gliptodóntidos (Cabrera, 1937a, 1937b, 1944). En estos últimos años, se reinició el estudio de la región y de los restantes ejemplares colectados por Cabrera (Bonini *et al.*, 2012; Bonini, 2014).

La zona que se conoce más recientemente, desde el punto de vista paleontológico, es la que se encuentra a lo largo de los márgenes del río Dulce, en Santiago del Estero. Los primeros fósiles son dados a conocer por Collantes (1983) y la primera asociación de mamíferos fue reportada por Esteban *et al.* (1989).

En esta contribución analizamos aquellas áreas o localidades que presentan registros de vertebrados fósiles con buena procedencia estratigráfica y áreas que por la extensión de los afloramientos son potenciales zonas portadoras de fósiles. Las edades que se conocen hasta el momento (dataciones absolutas y edades estimadas) permiten referir la mayoría de estas asociaciones faunísticas al Plioceno temprano (Zancleano) y sólo una en Puerta de Corral Quemado al Plioceno tardío (Piacenziano).

inferior de la Formación Corral Quemado. Este conjunto faunístico se distribuye en el Zancleano y en la base del Piacenziano.

La Formación Andalhuala es una de las unidades litológicas mejor expuesta y en la región alcanza un espesor de 730 m. Es una sucesión predominantemente arenosa de color castaño claro a grisáceo, con estratos tabulares continuos lateralmente. En la sección superior hay facies texturalmente más gruesas y hacia el límite con la Formación Corral Quemado hay un predominio de facies conglomerádicas. El contacto es neto y de extensión regional. La Formación Corral Quemado posee un espesor total de casi 855 m. La sección inferior es una sucesión de conglomerados medios a finos en estratos gruesos, lenticulares, lateralmente continuos con lentes delgados de areniscas medias (Muruaga, 1998).

Los hallazgos dados a conocer por Riggs y Patterson (1939) se ubican en el perfil realizado por Stahlecker, pero sólo en relación a las unidades litoestratigráficas mayores (horizontes) determinadas por este autor: "Corral Quemado", "Araucanense", "Chiquimil A", "Chiquimil B" y "Calchaquí". Con bastante posterioridad Marshall y Patterson (1981) publican el primer perfil stratigráfico para el área de Puerta de Corral Quemado y ubican los ejemplares en los diferentes niveles stratigráficos descritos en 1929 por Rudolf Stahlecker (durante la Second Captain Marshall Field Paleontological Expedition). Luego se realizan importantes modificaciones con respecto al perfil de Stahlecker para Puerta de Corral Quemado, particularmente en lo referido al límite entre las formaciones Andalhuala y Corral Quemado. Bossi *et al.* (1987) proponen el límite inferior de la Formación Corral Quemado en el techo del nivel 31, algo más de 600 m por arriba del límite señalado por Stahlecker (nivel 18), Muruaga (1998) considera que la base de esta unidad litológica se encuentra en el nivel 29 y Esteban *et al.* (2014) reafirman esta interpretación ubicando la base de la Formación Corral Quemado específicamente en la toba del nivel 29.

En esta localidad hay numerosas dataciones radimétricas publicadas en Marshall *et al.* (1979), Butler *et al.* (1984), Latorre *et al.* (1997) y Sasso (1997). Actualmente se utilizan con mayor frecuencia las establecidas por estos dos últimos autores. En el nivel 23 de Stahlecker hay dos dataciones, una de $5,30 \pm 0,2$ mediante $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ (Butler *et al.*, 1984) y otra de $5,64 \pm 0,16$ Ma mediante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Latorre *et al.*, 1997). Sobre la base de esta última datación podemos establecer el límite entre Messiniano (Mioceno) y Zancleano (Plioceno) en un nivel algo más moderno. En el nivel 29 hay tres dataciones, $3,54 \pm 0,03$ y $3,53 \pm 0,04$ mediante $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ (Marshall *et al.*, 1979; Butler *et al.*, 1984 respectivamente) y $3,66 \pm 0,05$ Ma mediante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Latorre *et al.*, 1997), esta última permiten establecer el límite entre Zancleano (Plioceno inferior) y Piacenziano (Plioceno superior) en un nivel algo más reciente.

Los ejemplares fósiles dados a conocer por Marshall y Patterson (1981) no están distribuidos de manera homogénea en toda la columna. En el nivel 24 de la Formación Andalhuala, correspondientes al Zancleano más bajo se reconoce en forma exclusiva el dasipódido *Chorobates scalabrinii* (= *Macrochorobates scalabrinii*) y la última aparición del gliptodonte *Hoplophractus proximus* (= *Eosclerocalyptus proximus*). Los niveles 25 y 26 no tienen fósiles relevados. En el techo de la Formación Andalhuala, depositada durante el Zancleano tardío, en el niveles 27 y 28, se registra en forma exclusiva el gliptodonte *Phlyctaenopyga ameghini* y las últimas apariciones

del roedor *Pithanotomys columnaris mendocinus*, del litopterno *Promacrauchenia* sp. y del hegetotérico *Tremacyllus latifrons* (= *T. incipiens*).

En la base de la Formación Corral Quemado, el nivel 29 no tiene fósiles relevados. Los niveles 30 al 32 (Piacenziano bajo) tienen el registro exclusivo de los marsupiales *Lutreolina* sp., *Borhyaenidium* sp. (= *Borhyaenidium riggsi*), los roedores *Pthoramys pulcher*, *Paramyocastor diligens* y el litopterno *Promacrauchenia antiqua* (= *P. calchaquiorum*). En estos niveles se localizan, además, los últimos registros del perezoso *Pronothrotherium typicum*, el dasipódido *Paleuphractus argentinus*, el gliptodonte *Eleutherocercus solidus*, el litopterno *Brachytherium laternarium* (= *Neobrachytherium* aff. *intermedium*), el notoungulado toxodóntido *Xotodon* sp., los hegetotéricos *Hemihegetotherium* sp. y *Hemihegetotherium robustum* (= *H. achataleptum*).

Es importante destacar aquí, que debido a las reconsideraciones y cambios en los límites formacionales establecidos para la región de Puerta de Corral Quemado por Bossi et al. (1987), Muruaga (1998) y Esteban et al. (2014), los taxones de mamíferos reseñados en el párrafo anterior son los únicos registros con buena procedencia estratigráfica reconocidos para la Formación Corral Quemado y asignados al Piacenziano. Asimismo es notorio que a partir de estas modificaciones en los límites formacionales en el área de Puerta de Corral Quemado, el mayor número de registros procede de la Formación Andalhuala y no de Formación Corral Quemado como consideraron, entre otros, Riggs y Patterson (1939) y Marshall y Patterson (1981).

Una importante asociación de roedores y xenatros (dasipódidos, pampatéricos y milodóntidos) con datos estratigráficos precisos, procedentes de la región de Puerta de Corral Quemado y Villavil, fue dada a conocer por Esteban et al. (2014). En este trabajo los ejemplares fósiles poseen referencias que permiten asignarlos a los diferentes niveles del perfil estratigráfico presentado en Hynek et al. (2012). Sobre la base de las dataciones radimétricas, el espesor medido para la sección superior de la Formación Andalhuala y la tasa de sedimentación (calculada en 0,33 m/1000 años entre las tobas de 5,64 y 3,66 Ma) se establecen edades estimadas para las diferentes asociaciones faunísticas que se asignan al Plioceno bajo (Zancleano).

En la base del Zancleano, con una edad estimada de 5,25 Ma se registran los roedores *Cardiomyys ameghinorum*, *Pseudoplataeomys* sp., *Pithanotomys* sp. y los dasipódidos *Macrochorobates scalabrinii*, *Chorobates villosissimus* y *Macroeuphractus* sp. En niveles algo más modernos, con una edad estimada de 4,9 Ma se reconocen los roedores *Pseudoplataeomys* sp. y cf. *Dolichotis* y en niveles algo más recientes el pampatérico *Vassallia maxima* y el milodontino cf. *Glossotheriopsis*. En sedimentos con una edad estimada en 4,4 Ma se registra la asociación de los roedores *Cardiomyys ameghinorum*, *Pseudoplataeomys* sp., *Pithanotomys* sp. y el pampatérico *Vassallia maxima*. Finalmente, por debajo de la toba datada en 3,66 Ma se reconocen a los roedores *Protabrocoma* cf. *P. antiqua*, *Pseudoplataeomys* sp. y el pampatérico *Vassallia maxima*. Sobre esta base Esteban et al. (2014) establecen la Biozona de Apogeo *Vassallia maxima-Pseudoplataeomys-Pithanotomys*, cuya localidad tipo se ubica en Puerta de Corral Quemado (S 27°14'54" – O 66°55'52", Departamento Belén, Catamarca), abarcando un lapso que corresponde al Zancleano. Los taxones exclusivos de esta biozona son los géneros *Pithanotomys* y *Macroeuphractus*. Es interesante destacar la presencia del perezoso cf. *Glossotheriopsis* (Mylodontidae) en el Plioceno temprano

del Noroeste argentino, ya que este taxón sólo se había registrado en el Mioceno tardío para regiones boreales de América del Sur y en el Mioceno medio en regiones australes de Argentina.

La Formación Andalhuala, en la región de Puerta de Corral Quemado, representa depósitos de crecidas mantiformes de alto régimen con algunas estructuras de régimen menor que constituyen elementos canalizados de diseño entrelazado. Hay niveles de paleosuelo pobremente desarrollados (Muruaga, 1998). Para la suprayacente Formación Corral Quemado se infiere un ambiente de abanico aluvial medio. A partir de la sección media de la Formación Andalhuala se evidencia una intensa aridificación y se interpreta un clima semiárido, pero más húmedo que el actual, con un régimen estacional de lluvias. El ambiente correspondería posiblemente a una sabana de gramíneas salpicada de árboles, con desarrollo de bosques en galería (Bossi y Muruaga, 2009).

Área San Fernando

Es otra región que ha brindado una abundante fauna de mamíferos fósiles. Se ubica aproximadamente 50 km al noreste de la ciudad de Belén y a unos 15 km al sudeste la localidad Puerta de Corral Quemado. Entre los años 1927 y 1930, Ángel Cabrera y colaboradores colectaron en esta región una abundante y diversa fauna de mamíferos, pero ésta carece de procedencia estratigráfica precisa. Bonini (2014) colectó e identificó un nuevo conjunto de mamíferos con datos precisos de procedencia estratigráfica y geográfica y paralelamente estudió desde el punto de vista taxonómico la fauna colectada por Cabrera y colaboradores. El nuevo conjunto de taxones procede de las localidades de San Fernando Sur y Norte en el departamento Belén, áreas en las cuales se reconocen sedimentos correlacionables con la Formación Andalhuala y la base de la Formación Corral Quemado. En esta área, Bonini y Georgieff (2013a) y Bonini (2014) redefinen la extensión de las formaciones Andalhuala y Corral Quemado propuestas por Muruaga (1998, 2001) y Bossi y Muruaga (2009). La Formación Andalhuala (Bonini y Georgieff, 2013b; Bonini, 2014) está compuesta principalmente por facies de areniscas finas a medias, castaño claras a rojizas, con estratificación entrecruzada en artesa, reconociéndose estratos tabulares y macizos. Se reconocen, también, facies limolíticas rojizas a castaño oscuras con estratificación tabular maciza, ondulítica y laminación paralela, intercaladas con facies de areniscas finas castaño claras con laminación ondulítica, tabular o lenticular. Hay indicios de estacionalidad en las precipitaciones y la presencia de rizoconcreciones, pedotúbulos, calcretos, bioturbación y cementación dan evidencias de períodos de exposición subaérea y fluctuaciones del nivel freático. Se identificaron, también, facies de areniscas finas a medias, castañas a grisáceas, con estratificación entrecruzada en artesa y laminación cuneiforme, las cuales son interpretadas como producto del desarrollo de dunas eólicas sobre las planicies de inundación o de los canales, durante los períodos de sequía. Por otra parte, la Formación Corral Quemado presenta en su base un marcado cambio en la litología y en el color de los sedimentos, lo que podría indicar un proceso de aridificación en el área. En la región de San

Fernando esta unidad litológica está compuesta por facies de arcillitas y limolitas tabulares rojizo oscuras y lentes de sabulitas intercalados entre los niveles arcillo-limosos. Las facies de arcillitas rojizas indicarían la existencia de cuerpos de agua efímeros (lagunas, charcos) sobre la planicie de inundación (Bonini, 2014; Bonini y Georgieff, 2013b, 2014).

Bonini (2014) y Bonini *et al.* (2017) reconocieron unidades faunísticas asignadas al Plioceno temprano (Zancleano) (Bonini y Brandoni, 2015; Bonini *et al.*, en prensa). Este conjunto faunístico procedente de los niveles superiores de la Formación Andalhuala, aflorantes en los alrededores de San Fernando Norte (aproximadamente a los 27°16'37"S / 66°55'06"O) y está caracterizado por los gliptodontes *Phlyctaenopyga ameghini*, *Eleutherocercus solidus*, los dasipódidos *Chorabates villosissimus*, *Macrochorabates scalabrinii*, los pampatéridos *Vassallia maxima* (= *Plaina intermedia*), *Vassallia minuta*, el perezoso *Pyramiodontherium* sp. y el notoungulado toxodóntido *Xotodon* sp. Sobre la base de la fauna recuperada postuló la Biozona de Asociación de *Phlyctaenopyga ameghini* – *Plaina intermedia* entre los 5,40 Ma–3,60 Ma. Además, propusieron como taxones exclusivos al gliptodonte *P. ameghini* y a los pampatéridos *V. máxima* (= *P. intermedia*) y *V. minuta*. Los taxones señalados como característicos de esta biozona son *C. villosissimus*, *E. solidus* y *Pyramiodontherium* sp. Entre éstos, *P. ameghini* y *Pyramiodontherium* sp., presentan su último registro en esta biozona, mientras que *V. minuta* y *V. máxima* (= *P. intermedia*) presentan sus primeros y últimos registros en esta unidad (Bonini, 2014; Bonini *et al.*, 2016).

Esteban *et al.* (2014) publicaron una extensa lista de los mamíferos fósiles con ubicación precisa (estratigráfica y geográfica) registrados en las localidades de Puerta de Corral Quemado y Villavil, estas áreas y la de San Fernando forman parte de una misma cuenca. En este trabajo señalan la presencia de *Vassallia maxima* (= *Plaina intermedia*) a partir del Miembro El Jarillal de la Formación Chiquimil hasta los niveles cuspidales de la Formación Andalhuala, correspondiendo al lapso entre la edad estimada de 8,7 Ma y la edad absoluta de 3,66 Ma. En el tercio superior de esta unidad litológica los numerosos registros de *Vassallia maxima* les permiten postular la Biozona de Apogeo *Vassallia maxima* – *Pseudoplateaomys* – *Pithanotomys* entre los 5,64 Ma–3,66 Ma, la cual es correlacionable en gran parte con la biozona de Asociación de *P. ameghini* – *P. intermedia* de Bonini *et al.* (2014). Así, la abundancia en los registros de *Vassallia maxima* (= *Plaina intermedia*) es una característica común para las localidades Puerta de Corral Quemado y San Fernando Norte. Es notable la persistencia de esta especie desde el Mioceno tardío al Plioceno en el noroeste argentino. Por otra parte Esteban *et al.* (2014) también registran la presencia de *Vassallia minuta* en el miembro superior (Miembro El Jarillal) de la Formación Chiquimil en la localidad de Villavil y la de *Chorabates villosissimus* en el tercio inferior y en el tercio superior de la Formación Andalhuala en Puerta de Corral Quemado.

VALLE DEL CAJÓN, CATAMARCA

Este valle se encuentra al norte de una gran depresión intermontana o bolsón denominado Campo de los Pozuelos o Campo del Arenal (Catamarca), tienen en

conjunto el aspecto de una gota alargada. El valle del Cajón se encuentra entre las sierras de Quilmes al Este y la sierra de Chango Real al Oeste y Norte.

Las edades obtenidas en el valle fueron ubicadas en un mapa por Mortimer *et al.* (2007), la edad de la base es de $10,7 \pm 1,7$ Ma (Strecker *et al.*, 1989) en el extremo noroeste de la sierra del Cajón mientras que una edad de $5,47 \pm 0,9$ Ma fue obtenida por Strecker *et al.* (1989) en una toba del extremo sudoeste de la misma sierra; por otra parte, Bossi *et al.* (2000) dataron una toba en los afloramientos más australes del valle ($5,71 \pm 0,4$ Ma) que Mortimer *et al.* (2007) asignan a los depósitos lacustres ubicados en el centro del valle.

Mortimer *et al.* (2007) realizan una correlación entre las dataciones absolutas y las secuencias sismoestratigráficas interpretadas en el subsuelo del Campo del Arenal y proponen que la Secuencia 2 es equivalente a las Aloformación Playa del Zorro, aunque destacan la falta de continuidad física entre los afloramientos y el subsuelo. De esta manera, para Mortimer *et al.* (2007) la mitad superior de la Aloformación Playa del Zorro sería de edad pliocena.

VALLE DE SANTA MARÍA, CATAMARCA

Los afloramientos del valle de Santa María son conocidos desde finales del siglo XIX por su abundante y variado registro paleontológico (Moreno, 1882; Moreno y Mercerat, 1891; Ameghino, 1889, 1891a, 1891b; Lydekker, 1894; Mercerat, 1895; Rovereto, 1914; C. Ameghino, 1919). Están representados casi todos los grupos de mamíferos, al igual que algunos grupos importantes de aves, reptiles y anfibios; sin embargo, buena parte de este registro carece de procedencia estratigráfica. Los hallazgos en general han sido referidos al “Araucaniano” o al “Araucanense” en un sentido amplio. Son numerosos los autores que han dado a conocer, principalmente a través de trabajos sistemáticos, la gran diversidad faunística de esta región (ver Riggs y Patterson, 1939; Marshall y Patterson, 1981; Esteban y Abdala, 1993; Nasif *et al.*, 1995; Bonini, 2014). Los primeros registros de vertebrados fósiles que son asignados con seguridad a diferentes unidades litológicas son los dados a conocer por Riggs y Patterson (1939) y posteriormente Marshall y Patterson (1981) quienes especifican la posición estratigráfica de la gran mayoría de los ejemplares, al referirlos a los distintos niveles definidos en el perfil realizado por Stahlecker. En el valle de Santa María, en el área de Entre Ríos (=Chiquimil), casi la totalidad del registro procede del “Araucanense” de Stahlecker (ver Marshall y Patterson, 1981). Sin embargo, en las localidades fosilíferas clásicas (ej.: Entre Ríos [=Chiquimil], Loma Rica, Quebrada de Jujuy, este de Santa María, etc.) los niveles fosilíferos se ubican en el tercio inferior de la Formación Andalhuala, ya sea en el nivel XIX, datado en $6,02 \pm 0,04$ Ma (Marshall *et al.*, 1979), por debajo de éste o en el nivel inmediatamente superior. De lo mencionado anteriormente se deduce que en todas estas localidades, los niveles fosilíferos corresponden al Mioceno tardío alto (Messiniano tardío).

Hasta el presente la única localidad con afloramientos asignables al Plioceno temprano (Zancleano) se encuentra en la localidad de Encalilla, ubicada en la porción tucumana del Valle de Santa María, en las proximidades de la ciudad de

Amaicha del Valle. Estos sedimentos atribuidos a la Formación Andalhuala, han brindado una abundante fauna de mamíferos, placas aisladas de tortugas, fragmentos de leños y estructuras asignables a egagrópilas y coprolitos (Armella *et al.*, 2015).

La Formación Andalhuala es la de mayor desarrollo, tanto en su extensión como en la potencia de sus afloramientos. Ruiz Huidobro (1972) estima un espesor de 1.200 m en la quebrada de Jujuil, mientras que Bossi y Palma (1982) le asignan un espesor de 1.300 m frente a la ciudad de Santa María. Los afloramientos se distinguen fácilmente por su color gris parduzco claro y su textura arenosa predominante. Está integrada por paquetes granodecrecientes de 3 a 10 m de espesor, de arenisca mediana a gruesa y arenisca conglomerádica de color gris claro, que alternan con otros constituidos por niveles limo-arenoso gris pardo amarillento, bioturbados, a veces con pedotúbulos calcáreos. Hay niveles de paleosuelo poco desarrollados y capas tabulares de toba blanca o intraconglomerado de sus fragmentos (Bossi y Palma, 1982; Bossi *et al.*, 1999). Para la parte inferior de esta formación se establece un sistema fluvial entrelazado, arenoso, con el desarrollo de pequeñas charcas en los segmentos abandonados del río (Georgieff *et al.*, 2014).

En la localidad de Encalilla (Tucumán), los estratos portadores están compuestos por una arenisca fina que se ubica entre dos niveles tobáceos en la parte alta de la Formación Andalhuala (Armella *et al.*, 2015). En ellos se ha registrado un metaterio de la familia Didelphidae (*Thylateridium*), roedores dinómidos (*Telicomys*), octodóntidos (*Phitanotomys*, *Pseudoplataeomys*) y cávidos (*Palaeocavia*, *Neocaviac* cf. *N. lozanoi*, *Orthomyctera andina*, Caviinae aff. *Microcavia* y *Caviodon* cf. *C. pozzi*), el litopterno proteroterio (*Neobrachytherium*), notoungulados hegetotéridos (*Tremacyllus*, *Paedotherium* cf. *P. minor*) y xenartros gliptodóntidos (Hoplomorini, Doedicurinae), dasipódidos (*Vassallia*, *Macroeufractus*), milodóntidos (Mylodontinae) y megatéridos.

Esta asociación de mamíferos presenta una composición de taxones a nivel genérico y específico similar a la Biozona de Apogeo *Vassallia maxima* – *Pseudoplataeomys* – *Pithanotomys*, definida para el tercio superior de la Formación Andalhuala en Puerta de Corral Quemado, entre los 5,64 Ma y los 3,66 Ma (Esteban *et al.*, 2014; Armella *et al.*, 2015).

En el Valle de Santa María Strecker *et al.* (1989) establecen el límite entre las formaciones Andalhuala y Corral Quemado, en la localidad de Yasyamayo en el centro-norte del valle, en una toba datada en $4,73 \pm 1,3$ Ma. Por su parte, la edad de $6,02 \pm 0,04$ Ma dada a conocer por Marshall *et al.* (1979) se ubica 408 m por arriba de la base de la Formación Andalhuala, según los espesores medidos por Stahlecker (Marshall y Patterson, 1981). Teniendo en cuenta los espesores medidos por Ruiz Huidobro (1972) y Bossi y Palma (1982), esta última edad correspondería al techo del tercio inferior de la unidad. Teniendo en cuenta estas dataciones, la asociación de fósiles obtenidos en la localidad Encalilla no sería más antigua que los 6,02 Ma ni más moderna que los 4,73 Ma. Este lapso abarca la parte cuspidal del Messiniano (Mioceno tardío) y gran parte del Zancleano (Plioceno temprano). La asociación de mamíferos recuperada en Encalilla comparte con la Biozona de Apogeo los taxones que la definen (*Vassallia maxima* – *Pseudoplataeomys* – *Pithanotomys*) y el dasipódido eufractino *Macroeufractus* sp.

Morton *et al.* (2011) dan a conocer la primera asociación de gastrópodos y ostrácodos procedentes de la Formación Andalhuala, en la localidad río Agua Verde, frente a la ciudad de Santa María. Los autores refieren esta asociación al Plioceno temprano y señalan que los materiales proceden de un estrato de unos 20-30 cm de espesor, constituido por arcillita-limosa verdosa a gris clara, que se ubica a unos 150-180 m de la base de esta unidad litológica. Siguiendo los criterios establecidos anteriormente en este trabajo, estos niveles se ubicarían por debajo de la toba datada en $6,02 \pm 0,04$ Ma y por lo tanto esta asociación debe ser referida al Mioceno tardío (Messiniano).

VALLE DE CHOROMORO, TUCUMÁN

Es un valle intermontano ubicado en el centro-norte de Tucumán, entre las Sierras Pampeanas Noroccidentales al Oeste y el Sistema de Santa Bárbara al Este. Actualmente, el valle se encuentra cerrado hacia el Sur por depósitos cretácicos latitudinalmente ubicados a unos 10 km al Norte de San Miguel de Tucumán y hacia el Norte engranan con depósitos del Grupo Salta (Georgieff *et al.*, 2014). Según Iaffa *et al.* (2013) existía continuidad física entre los depósitos pliocenos del valle de Choromoro con los del subsuelo de la llanura tucumana, interpretado a través de información sísmica. Schiuma y Sosa Gómez (2017) interpretan mediante una correlación sismoestratigráfica la presencia de depósitos asignables al Plioceno en el subsuelo de la llanura tucumana que se engrosan antes de acuñarse contra las sierras del Aconquija al Oeste (Sosa Gómez *et al.*, 1999) y la sierra de Ancasti al Sur.

En general, la parte central del valle se encuentra cultivada o cubierta por Bosque Chaqueño, los afloramientos son saltuarios y ubicados en los flancos de anticlinales conspicuos en el sudoeste, conformando el núcleo de anticlinales menores al Norte del valle y en la porción Sur de la provincia de Salta. Los afloramientos mejor expuestos se encuentran ubicados contra las Cumbres Calchaquíes al Oeste y en el límite con la provincia de Salta (González *et al.*, 2000), forman parte del Grupo Choromoro (Porto y Danielli, 1974) integrado por las formaciones El Boyero (González *et al.*, 2000) y Chulca (Porto y Danielli, 1974). Estas unidades pliocenas están formadas por areniscas medias a gruesas con conglomerados en la base, son friables, gris rojizas a rojo parduzco y apoyadas en transición sobre la Formación India Muerta asignada al Mioceno tardío.

VALLE DE LAS ESTANCIAS, CATAMARCA

Este valle se encuentra ubicado en las Sierras Pampeanas Noroccidentales, en el sector noreste de la provincia de Catamarca (figura 1). Es un valle de tipo intermontano, definido por fallas de alto ángulo, asimétrico y elongado unos 30km en sentido NNE-SSO y un ancho máximo de 9 km en la parte sur.

Los afloramientos neógenos se encuentran mejor expuestos en el faldeo occidental de las Cumbres de Narváez, con rumbo y buzamiento de $N348^{\circ}/30E$ (Nasif

et al., 2007) y hacia el oeste se apoyan sobre la penillanura (basamento metamórfico labrado) de las Cumbres de Las Lajas con rumbo NNE-SSE y buzamientos entre 9° y 20° al Este (Del Pero y Georgieff, 2011).

Estas sedimentitas han sido denominadas Formación Aconquija (González Bonorino, 1950) y fueron divididas en tres secciones informales, de base a techo: Unidad I, II y III. El espesor de la formación es de 1.100 m aproximadamente, la sección inferior de 400 m de espesor está compuesta por areniscas tobáceas grises medias y finas, hacia el techo de la sección media aparecen lentes de grava (guijas y guijones) con bancos de tobas intercalados y la sección superior de unos 100 m de espesor se compone de una areniscas gruesas con cuerpos conglomerádicos lenticulares de 1 a 8 m de espesor y de 60 a 80 m de ancho. Una toba ubicada en la sección media de la formación fue datada por Del Pero y Georgieff (2011) en 7,43 Ma, por lo que podría asignarse una edad pliocena a la mitad superior de la Unidad III como fue sugerido por Del Pero (2010).

SANTIAGO DEL ESTERO

Battaglia (1973) define el paquete de “arcillas pardo rojizas” localizado mediante perforaciones realizadas en los alrededores de la Sierra de Guasayán, como Formación Las Cañas y las asigna al Plioceno medio. Los afloramientos de esta unidad litológica pueden observarse en ambas márgenes del río Dulce, prácticamente a lo largo de todo su cauce desde la ciudad de Las Termas de Río Hondo hasta la zona del Dique Los Quiroga, en las proximidades de la ciudad de La Banda. En el techo de esta secuencia se localiza un nivel de ceniza volcánica de color blanca vítrea, bastante endurecida de aproximadamente 1,5 m de espesor (Battaglia, 1982).

Collantes (1983) define la localidad típica en el paraje conocido como Cañada de La Costa, aproximadamente unos 8 km al este de Las Termas de Río Hondo, donde la secuencia se presenta más completa. Los afloramientos más potentes se encuentran en la margen izquierda del río Dulce, en la proximidad de la ciudad de Las Termas de Río Hondo, con espesores máximos de 60 m. Sobre la margen derecha los afloramientos son de menor representatividad. Los sedimentos en general son finos, limolitas pardo rojizas, limolitas arenosas pardo rojizas a pardo amarillentas intercaladas con areniscas y arcilitas de color pardo oscuro a pardo rojizo. En la parte inferior de la secuencia se observan limolitas pardo rojizas, coherentes, estratificadas en bancos continuos en general con laminación paralela continua. El ambiente de depositación respondería a llanuras de inundación, definidas por ríos meandriformes con una pendiente suave y baja capacidad de transporte. Esto se evidencia por la predominancia de sedimentos finos y bien seleccionados. La estructura predominantemente laminar, indica cambios en la velocidad de la corriente o en el aporte de estos materiales a la cuenca entre períodos de sedimentación uniforme representados por capas homogéneas macizas. En la parte superior de la secuencia se observan sedimentos finos de tonos verdosos que indicarían condiciones lacustres, probablemente lagunas temporales formadas por derrames laterales o cauces aban-

donados. La frecuencia de tonos rojizos, asociados en algunos casos a concreciones calcáreas indicaría condiciones oxidantes y de aridez (Collantes, 1983).

Los primeros registros de vertebrados fósiles son reportados por Collantes (1983), quien menciona restos de un gliptodonte referido a cf. *Nopachthus*, un roedor asignado a un Protohydrochoerinae indet. y dasipódidos indeterminados. Sobre la base del gliptodonte determinado como cf. *Nopachthus* asigna los sedimentos de la Formación Las Cañas al Plioceno medio.

Esteban *et al.* (1989) dan a conocer una asociación de vertebrados, mayormente xenartros, rescatados de la localidad Cañada de La Costa. Se citan osteodermos aislados de dasipódidos (*Paraeuphractus* sp., *Proeuphractus* sp. y *Kraglievichia* sp.), los gliptodontes *Nopachthus* sp. y *Lomaphorus* cf. *subelevatus*, un incisivo de roedor Hydrochoeridae (*Protohydrochoerus* sp) y un extremo distal de tibio-tarso de un ave indeterminada. Esteban *et al.* (1999) dan a conocer un ejemplar de dasipódido con el caparazón dorsal muy completo, cráneo y restos postcraneanos, que asignan a *Paraeuphractus* sp. Señalan que presenta diferencias con *P. prominens*, la especie tipo y refieren los sedimentos portadores al Plioceno temprano. Posteriormente Esteban (2001) cita la presencia del dasipódido *Macrochorobates* en esta localidad.

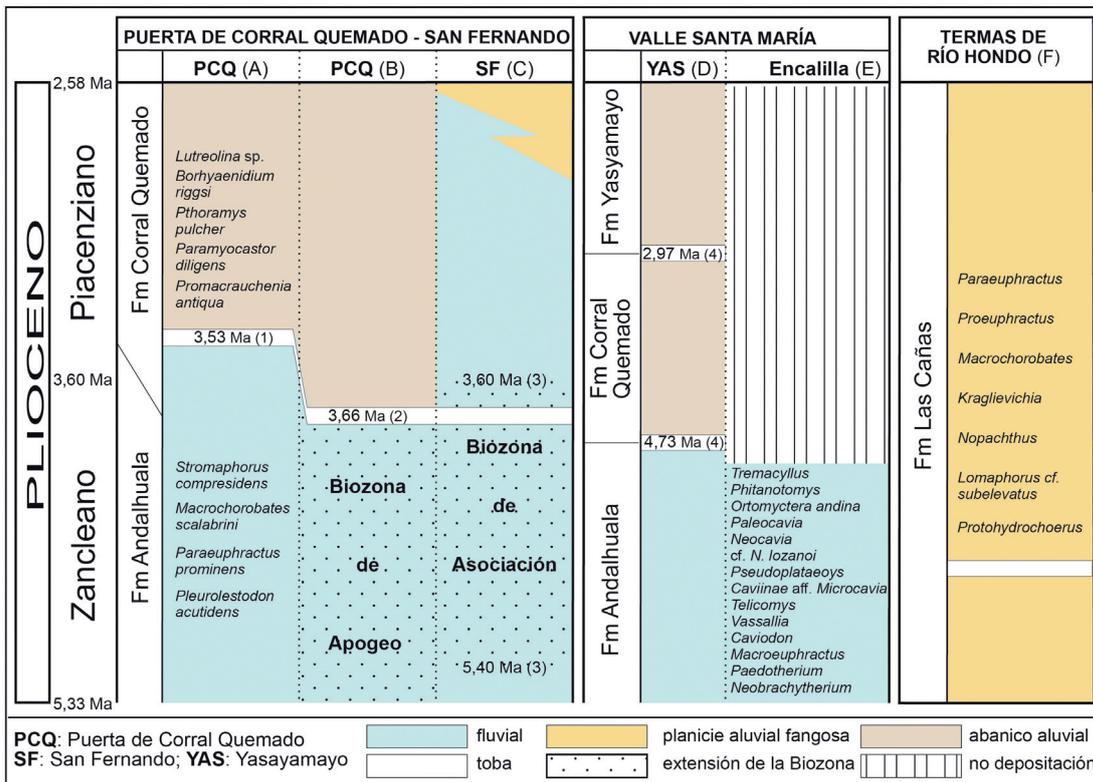


Figura 2. Síntesis de la estratigrafía, edades, fauna y paleoambientes sedimentarios del Plioceno de las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Catamarca, Tucumán y Santiago del Estero).

CONSIDERACIONES FINALES

Las localidades que tienen fauna de antigüedad pliocena en el Noroeste de Argentina (Catamarca, Tucumán y Santiago del Estero), hasta el momento son escasas, menos numerosas que las asignadas al Mioceno tardío. Las asociaciones faunísticas que pueden asignarse con seguridad al Zancleano (Plioceno temprano) se reconocen en el valle de Hualfín-Belén y proceden de las localidades Puerta de Corral Quemado y San Fernando (Catamarca). En ambas regiones se han definido biozonas para este lapso, en la primera se establece la Biozona de Apogeo *Vassallia máxima* – *Pseudoplataeomys* – *Pithanotomys* (Esteban *et al.*, 2014) y en la segunda la Biozona de Asociación de *Phlyctaenopyga ameghini* – *Plaina intermedia* (Bonini, 2014). Estas biozonas comparten en su definición al pampaterino *Vassallia máxima* (= *Plaina intermedia*).

En el valle de Santa María, la antigüedad de la asociación faunística rescatada de la localidad Encalilla no sería mayor que la estimada en 4,8 Ma, ni más joven que los $3,4 \pm 0,5$ Ma, comprendiendo gran parte del Zancleano y la parte más baja del Piacenziano (Plioceno temprano – Plioceno tardío bajo). Esta interpretación podrá ser contrastada con dataciones absolutas de las tobas presentes en la columna estratigráfica.

La asociación faunística registrada en la Formación Las Cañas, en la provincia de Santiago del Estero, es la que tiene la edad menos definida. Battaglia (1967) asigna estos sedimentos al Plioceno, luego este mismo autor (Battaglia, 1973) los asigna al Plioceno medio. Con posterioridad Collantes (1983) mantiene esta antigüedad para los sedimentos portadores. Por su parte Esteban *et al.* (1999) los asigna al Plioceno temprano.

Entre todas las localidades tratadas en este trabajo, sólo en Puerta de Corral Quemado hay una asociación faunística que puede ser asignada con seguridad al Plioceno tardío (Piacenziano). Esta asociación fue dada a conocer por Marshall y Patterson (1981) y corresponde a los taxones recuperados de la Formación Corral Quemado.

El análisis de los registros fósiles en estrecha vinculación al contexto estratigráfico, sumado al uso o determinación de edades absolutas/edades estimadas, cuando sea posible, es indispensable para establecer un esquema cronobioestratigráfico confiable que permita el entendimiento de la evolución conjunta de la biota y su ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Lic. Rodrigo González por su colaboración con las imágenes. Al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Universidad Nacional de Tucumán por financiar los estudios paleontológicos mediante el proyecto PIUNT 26/G513.

BIBLIOGRAFÍA

- Ameghino, C. 1919. Sobre Mamíferos fósiles del piso Araucanense de Catamarca y Tucumán. *Physis*: 150-153.
- Ameghino, F. 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. vol. 6. Academia Nacional de Ciencias de la República Argentina, Córdoba, 1027 p.
- Ameghino, F. 1891a. Sobre algunos restos de mamíferos fósiles, recogidos por el Señor Manuel B. Zavaleta en la formación miocena de Tucumán y Catamarca. *Revista Argentina de Historia Natural* 1: 88-101.
- Ameghino, F. 1891b. Exploración arqueológica de la provincia de Catamarca. *Revista Argentina de Historia Natural* 1: 199-207.
- Armella, M.; Madozzo Jaén, C.; Nasif, N. L.; García López, D.; Esteban, G.; Ortiz, P.E.; González, R.; Babot, J. y Georgieff, S. 2015. Vertebrados de la Formación Andalhuala en la localidad de Encalilla, Tucumán, Argentina. *Ameghiniana* 53 (1), Suplemento 2016: 4.
- Battaglia, A. 1973. Descripción geológica de las Hojas 13f, 13g, 14g y 14h, Santiago del Estero y Catamarca. Servicio Nacional de Minería y Geología: 72 pp. Buenos Aires.
- Battaglia, A. 1982. Descripción geológica de las Hojas 13f Río Hondo, 13g Santiago del Estero, 14g El Alto, 14h Villa San Martín, 15g Frías, provincias de Santiago del Estero, Catamarca y Tucumán. Servicio Geológico Nacional: 80 pp. Buenos Aires.
- Bonini, R. A., 2014 Bioestratigrafía y diversidad de los mamíferos del Neógeno de San Fernando y Puerta de Corral Quemado (Catamarca, Argentina). Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, 366 p. Buenos Aires,
- Bonini, R. A. y Georgieff, S. M. 2013a. Reconsideración estratigráfica del Neógeno del área norte de la localidad de San Fernando, departamento de Belén (Catamarca). II Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina. *Ameghiniana* 50 (6): R5-6.
- Bonini, R. A. y Georgieff, S. M. 2013b. Análisis paleoambiental de los sedimentos neógenos aflorantes en el área norte de la localidad de San Fernando, departamento Belén (Catamarca). II Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina. *Ameghiniana* 50 (6): R6.
- Bonini, R. A. y Georgieff, S. M. 2014. Estratigrafía y paleoambientes aluviales del Neógeno en los alrededores de San Fernando, departamento de Belén (Catamarca). 14º Reunión Argentina de Sedimentología. Puerto Madryn.
- Bonini, R. A. y Brandoni, D. 2015. *Pyramiodontherium Rovereto* (Xenarthra, Tardigrada, Megatheriinae) from the Early Pliocene of San Fernando, Catamarca Province, Argentina. *Ameghiniana* 52 (6): 647-655.
- Bonini, R. A., Georgieff, S. M., Candela, A., Reguero, M. 2012. Bio-cronoestratigrafía del Mio-Plioceno aflorante en los alrededores de San Fernando, Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 49 (4): R6.

- Bonini, R. A. Candela, A. M., Georgieff, S. M. y Reguero, M. A. 2016. Bioestratigrafía, geocronología y diversidad de los mamíferos del Neógeno de San Fernando, departamento Belén, Catamarca. *Ameghiniana* 53(1) Suplemento: 5-6.
- Bonini, R. A., Georgieff, S. M. y Candela, A. En prensa. Stratigraphy, Geochronology, and Paleoenvironments of Miocene-Pliocene boundary of San Fernando, Belen Belén (Catamarca, Northwest of Argentina). *Journal of South America Earth Sciences*.
- Bossi, G. E. y Palma, R., 1982. Reconsideración de la estratigrafía del Valle de Santa María, Provincia de Catamarca, Argentina. *Actas V Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires, 1: 155-172.
- Bossi, G. E. y Muruaga, C., 2009. Estratigrafía e inversión tectónica del rift neógeno en el Campo del Arenal, Catamarca, NO Argentina. *Andean Geology* 36 (2): 311-340.
- Bossi, G. E., Ovejero, R., Strecker, M., 1987. Correlación entre los perfiles del Terciario superior en la Puerta de Corral Quemado-Hualfín y de Entre Ríos (Chiquimil). Provincia de Catamarca, Argentina. X Congreso Geológico Argentino. *Actas 2*: 117-120. Tucumán.
- Bossi, G. E., Muruaga, C., Gavrilloff, I., 1999. Ciclo Andino. Neógeno-Pleistoceno. Sedimentación. In González Bonorino, G; Omarini, R.; Viramonte, J. (Eds.). *Relatorio XIV Congreso Geológico Argentino*, 1: 329-360. Salta.
- Bossi, G. E., Muruaga, C., Sanagua, J., Hernando, A. y Ahumada, A. 1993. Geología y estratigrafía de la Cuenca Neógena Santa María-Hualfín (Departamentos Santa María y Belén, provincia de Catamarca). XII Congreso Geológico Argentino, *Actas 2*: 156-165. Mendoza.
- Bossi, G. E., Vides, M. E., Ahumada, A. L., Georgieff, S. M., Muruaga, C., e Ibañez, L. M. 2000. Análisis de las paleocorrientes y de la varianza de los componentes a tres niveles, Neógeno del Valle del Cajón, Catamarca, Argentina. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 7: 23-47.
- Bossi, G. E., S. M. Georgieff, I. J. C. Gavrilloff, L. M. Ibañez y C. M. Muruaga, 2001. Cenozoic Evolution of the Intramontane Santa María basin, Pampean Ranges, northwestern Argentina. *Journal of South America Earth Science*, 14 (7): 725-734.
- Butler, R. F., Marshall, L. G., Drake, R. E., Curtis, G. H. 1984. Magnetic polarity stratigraphy and K-Ar dating of late Miocene and early Pliocene continental deposits, Catamarca province, NW Argentina. *Journal of Geology* 92: 623-636.
- Cabrera, A. 1937a. Notas sobre el suborden "Typhotheria". *Notas del Museo de La Plata*, 2, Paleontología 8: 17-43.
- Cabrera, A. 1937b. Los géneros de la familia "Thyphotheriidae". *Physis* 14: 359-372.
- Cabrera, A. 1944. Los Gliptodontoideos del Araucaniano de Catamarca. *Revista Museo La Plata (Nueva Serie)* 3: 5-76.
- Collantes, M. 1983. Geología de la cuenca del río Dulce entre Termas de Río Hondo y Los Quirogas con énfasis en geomorfología, provincia de Santiago del Estero. Tesis de Grado Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 120 pp.

- Del Pero, M. A. 2010. Análisis paleoambiental de la porción superior de la Formación Aconquija (Neógeno) en el río Punta del Agua, valle de Las Estancias, Catamarca. Tesis de Grado Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 62 pp. Tucumán.
- Del Pero, M. A. y Georgieff, S. M. 2011. Análisis paleoambiental de la sección media de la Formación Aconquija (Neógeno) en el río Pantanillo, valle de Las Estancias, Catamarca, Argentina. Serie Monográfica y Didáctica 52: 185.
- Esteban, G. 2001. Nuevo Dasypodidae-Euphractinae (Xenarthra) del Plioceno inferior del Noroeste argentino. Ameghiniana 38 (4) Suplemento: 7R.
- Esteban, G. y Abdala, F. 1993. Nuevos restos de *Glossotheriopsis* (Edentata-Tardigrada) de Tio Punco, Provincia de Tucumán. Análisis filogenético preliminar. Ameghiniana 30 (3): 328-329.
- Esteban, G., Nasif, N. y Powell, J. 1989. Vertebrados terciarios de la Formación Las Cañas (próximo a Las Termas de Río Hondo), Provincia de Santiago del Estero. Implicancias cronológicas. VI Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados: 105-106.
- Esteban, G., Nasif, N. y Musalem, S. 1997. Nuevo registro de mamíferos fósiles en la región de Tio Punco (Formación Andalhuala - Mioceno tardío), provincia de Tucumán, Argentina. Ameghiniana 34 (4): 535.
- Esteban, G., Nasif, N. y Sabater, S. 1999. Nuevos aportes a la anatomía de *Paraeuphractus Scillato Yané* (Dasypodidae-Euphractinae). Ameghiniana 37 (4) Suplemento: 9R.
- Esteban, G., Nasif, N., Georgieff, S.M., 2014. Cronobioestratigrafía del Mioceno tardío – Plioceno temprano, Puerta de Corral Quemado y Villavil, provincia de Catamarca, Argentina. Acta Geológica Lilloana 26 (2), 165-192.
- Georgieff, S. M., 1998. Análisis paleoambiental de la porción inferior de la Formación Andalhuala en la zona central del valle de Santa María. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 260 pp. Tucumán.
- Georgieff, S. M. y Díaz, A. 2014. Modelo paleoambiental de la Formación Las Arcas (Mioceno Superior), quebrada del Mal Paso, Valles Calchaquies del sur de Salta. 14º Reunión Argentina de Sedimentología, Puerto Madryn, Chubut.
- Georgieff, S.M. e Ibañez, L.M.1999. Evolución tectosedimentaria del Mioceno superior en el valle de Santa María, Sierras Pampeanas noroccidentales del noreste de Catamarca. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas I: 62-63. Salta.
- Georgieff, S. M., Ibañez, L. M., Anis, K. B., Vides, M. E. y Nieva, S. M. 2012. Una visualización regional evolutiva de los ambientes sedimentarios neógenos de Catamarca, Tucumán, Sur de Salta y Santiago del Estero. Ameghiniana 49 (4): 10.
- Georgieff, S., Ibañez, L., Vides, M., Anis, K. y Nieva, S. 2014. Paleógeno y Neógeno de Tucumán: estratigrafía y paleoambientes sedimentarios. En: Moyano, S., Puchulu, M., Fernández, D., Vides, M., Nieva, S. y Aceñolaza, G. (Eds.) Geología de Tucumán: 106-123. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán. San Miguel de Tucumán.

- González Bonorino, F. 1950. Descripción geológica de la Hoja 13e, Villa Alberdi, provincia de Tucumán, Boletín Dirección Nacional de Minería: 74p. Buenos Aires.
- González, O. E., Viruel, M. E., Mon, R., Tchiliguirian, P. y Barber, E. 2000. Hoja Geológica 2766-II, San Miguel de Tucumán (provincias de Tucumán, Catamarca, Salta y Santiago del Estero). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 245: 124 pp. Buenos Aires.
- Hynek, S. A., Passey, B. H., Prado, J. L., Brown, F. H. Cerling, T. E. y Quade, J. 2012. Small mammal carbon isotope ecology across the Miocene– Pliocene boundary, northwestern Argentina. *Earth and Planetary Science Letters* 321–322: 177-188.
- Iaffa, D. N., Sábat, F., Muñoz, J. A. y Carrera, N. 2013. Basin fragmentation controlled by tectonic inversion and basement uplift in Sierras Pampeanas and Santa Bárbara System, northwest Argentina. *Geological Society of London, Special Publications* 377: 101-117.
- Latorre, C., Quade, J. y Mcintosh, W. C., 1997. The expansion of the C4 gases and global changes in the Late Miocene: Stable isotope evidence from the Americas. *Earth and Planet Science Letter* 146: 83-96.
- Lydekker, R. 1894. Contribution to a knowledge of the fossil vertebrates of Argentina. *Anales del Museo de La Plata (Paleontología)*, 3: 1-118.
- Marshall, L. G. y Patterson, B. 1981. Geology and geochronology of the mammal-bearing Tertiary of the Valle de Santa María and Río Corral Quemado, Catamarca Province Argentina. *Fieldiana Geology* 9: 1-80.
- Marshall, L. G., Butler, R. F., Drake, R. E., Curtis, G. H. y Tedford, R. H. 1979. Calibration of the Great American Interchange. *Science* 204: 272-279.
- Mercerat, A. 1895. Etude comparée sur des molaires de *Toxodon* et d'autres représentants de la même famille. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* 4: 207-215.
- Moreno, F. P. 1882. Patagonia, resto de un continente hoy sumergido. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 14: 97-131.
- Moreno, F. P. y Mercerat, A. 1891. Exploración arqueológica de la Provincia de Catamarca: Paleontología. *Revista del Museo de La Plata* 1: 1-71.
- Mortimer, E., Carrapa, B., Coutand, I., Schoenbohm, L., Sobel, E. R., Sosa Gómez, J. y Strecker, M. R. 2007. Fragmentation of a foreland basin in response to out-of-sequence basement uplifts and structural reactivation: El Cajón–Campo del Arenal basin, NW Argentina. *Geological Society of America Bulletin* 119 (5/6): 637-653.
- Morton, S., Herbst, R. y Espíndola, V. 2011. Gastrópodos y ostrácodos de la Formación Andalhuala (Plioceno temprano) del Valle de Yocavil, provincia de Catamarca, Argentina. *Gaea. Journal of Geoscience* 7 (2): 82-93.
- Muruaga, C. M., 1998. Estratigrafía y Sedimentología del Terciario Superior de la Sierra de Hualfín, entre las localidades de Villavil y San Fernando, Provincia de Catamarca. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 270 pp. Tucumán.

- Muruaga, C.M. 2001. Estratigrafía y desarrollo tectosedimentario de los sedimentos terciarios en los alrededores de la Sierra de Hualfín, borde suroriental de la Puna, Catamarca, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentológica* 8: 27-50.
- Nasif, N., Esteban, G., Georgieff, S., Musalén, S., Gómez Cardoso, C. y Villafañe, W. 1995. Nuevos registros de mamíferos fósiles de la Formación Andalhuala (Terciario tardío) Valle de Santa María, Provincia de Catamarca. X Jornadas Argentinas de Mastozoología. Actas: 47, La Plata.
- Nasif, N., Esteban, G. y Gerogieff, S. 2007. Nuevo registro de vertebrados para la Formación Aconquija, provincia de Catamarca, Noroeste de Argentina. Implicancias cronoestratigráficas y consideraciones paleoambientales. *Acta Geológica Lilloana* 20 (1): 99-112.
- Porto, J. C. y Danieli, C. 1974 Geología del Sector NW de Trancas. Provincia de Tucumán. *Acta Geológica Lilloana* XII: 12: 189-230.
- Ramos, V. A. 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Geología argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales 29 (3): 41-96
- Riggs, E. S. y Patterson, B. 1939. Stratigraphy of Late Miocene and Pliocene deposits of the Province of Catamarca (Argentina) with notes on the faunae. *Physis* 14: 143-162.
- Rovereto, C., 1914. Los estratos araucanos y sus fósiles. *Anales del Museo de Historia Natural de Buenos Aires* 25: 1-247.
- Ruiz Huidobro, O. J. 1972. Descripción geológica de la Hoja 11e, Santa María, provincias de Catamarca y Tucumán. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 134: 1-65.
- Sasso, A. 1997. Geological evolution and the hallogenic relationships of the Farallón Negro Volcanic Complex, NW Argentina. Tesis Doctoral Queens University, Kingston, Ontario. 268 pp. Canadá.
- Schiuma, M. y Sosa Gómez, J. 2017. Recursos hidrocarburíferos: cuenca de Tucumán y Catamarca. En: Muruaga, C. M. y Grosse, P. (Eds.), Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino: 1080-1105. San Miguel de Tucumán.
- Sosa Gómez, J., Mon, R., y Piccioni, L. 1999 Estructura Profunda de la Llanura Tucumana. XIV Congreso Geológico Argentino. Actas I: Salta.
- Spagnuolo, C. M., Georgieff, S. M. y Rapalini, A. 2015. Magnetostratigraphy of the Miocene Las Arcas Formation, Santa María Valley, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. DOI: 10.1016/j.jsames.2015.07.004
- Strecker, M. R.; Cervený, P.; Bloom, A.L. y Malizia, D. 1989. Late Cenozoic tectonism and landscape development in the foreland of the Andes: northern Sierras Pampeanas (26°-28°S), Argentina. *Tectonics* 8 (3): 517-534.