

PLIOCENO

Estratigrafía del Plioceno de la Mesopotamia argentina

Ernesto BRUNETTO^{1,3}, Alejandro F. ZUCOL^{2,3}, Gabriela I. SCHMIDT¹,
Jorge I. NORIEGA^{1,3}, Noelia I. PATTERER^{2,3}, Mariana BREA^{2,3},
María J. FRANCO^{2,3}

¹ Laboratorio de Paleontología de Vertebrados, Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-CONICET, UADER, Prov. ER), Dr. Materi y España s/n, Diamante (E3105BWA), Entre Ríos, Argentina.
ernestobrunetto@cicytpp.org.ar; gschmidt@cicytpp.org.ar; cidnoriega@infoaire.com.ar

² Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP-CONICET, UADER, Prov. ER), Dr. Materi y España s/n, Diamante (E3105BWA), Entre Ríos, Argentina. cidzucol@gmail.com.ar; noepatt1@hotmail.com; cidmbrea@gmail.com.ar; jimenafr@gmail.com

³ Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Ruta Nacional N° 11, Km 10,5. Oro verde, Paraná, Entre Ríos, Argentina.

RESUMEN

Palabras clave:

Plioceno
Mesopotamia argentina
Litoestratigrafía
Paleontología de vertebrados
Paleobotánica

A partir de las interpretaciones paleontológicas, estratigráficas y estructurales recientes, se considera como registro del Plioceno del Noreste de Argentina a la Formación Puerto General Alvear aflorante en la faja occidental de la Provincia de Entre Ríos y la Formación San Salvador, enterrada en el subsuelo próximo a la superficie o expuesta en canteras o a

lo largo de la faja centro-este de Entre Ríos. Datos bioestratigráficos basados en asociaciones faunísticas de vertebrados y datos magnetoestratigráficos sugieren una edad Plioceno-Pleistoceno inferior para la Formación Puerto General Alvear. La Formación San Salvador puede ser ubicada dentro del mismo lapso temporal sobre la base de su posición estratigráfica relativa y su correlación lateral. El análisis integrado sugiere que la Formación Puerto General Alvear se depositó en un ambiente de humedales cálidos principalmente bajo climas semiáridos, y condiciones oscilantes muy húmedas. La información paleobotánica y sedimentológica sugiere que la Formación San Salvador se depositó en ambientes fluviales, bajo climas cálidos y húmedos.

ABSTRACT

Palabras clave:

Pliocene
Mesopotamia argentina
Litostratigraphy
Vertebrate paleontology
Paleobotany

“PLIOCENE STRATIGRAPHY OF THE MESOPOTAMIA ARGENTINA”. Taking into consideration the recent paleontological, stratigraphic and structural interpretations, the Puerto General Alvear Formation located in western margin of the Entre Ríos Province and the San Salvador Formation exposed in quarries or buried in the shallow subsurface, along the central-eastern belt of same province, are considered to be the Pliocene record of the Northeast of Argentina. Biostratigraphic data based on faunal associations of vertebrates and magnetostratigraphic data suggest a Pliocene-lower Pleistocene age for the Puerto General Alvear Formation. The San Salvador Formation can be located within the same time span, based on its relative stratigraphic position and lateral correlation. The integrated analysis suggests that the Puerto General Alvear Formation was deposited in warm wetland environments mainly under semi-arid climates that changed to very humid conditions alternatively. The palaeobotanical and sedimentological information indicate that the San Salvador Formation was deposited in fluvial environments under humid and warm climates.

INTRODUCCIÓN

El Noreste de Argentina (NEA) comprende la Mesopotamia, la Meseta Misionera y el Chaco Oriental. La Mesopotamia es la región que corresponde al sector suroriental de la cuenca intracratónica Chaco-Paraná, con una superficie de 180.000 km². Esta región se caracterizó por la acción geomorfológica y sedimentaria de los ríos Paraná y Uruguay durante el Cenozoico tardío. Sobre la base de este criterio, Iriondo (2010) dividió a la Mesopotamia en cinco regiones naturales: 1) Meseta basáltica misionera, 2) Mega abanico del río Paraná, 3) Humedales y fajas fluviales centrales, 4) Pampa Norte y 5) Grandes ríos (Uruguay y Paraná).

Considerando las condiciones geológicas, es decir las características litológicas y estructurales, en el presente trabajo identificamos cuatro regiones pertenecientes al NEA: Meseta basáltica misionera, Mesopotamia Norte, Mesopotamia Sur y Chaco oriental (figura 1).

Meseta basáltica misionera

Debido a las diferentes características y tipos de procesos geológicos intervinientes, es posible diferenciar la Meseta basáltica misionera de la Mesopotamia. La primera es una región caracterizada por planicies elevadas con tendencia al levantamiento debido a fuerzas geodinámicas internas. Estas planicies han estado sometidas a procesos de erosión durante el Cenozoico (Kröhling *et al.*, 2011, 2012, 2014). Forma parte del extenso “plateau” basáltico que abarca el S de Brasil, SE de

Paraguay, NO de Uruguay y NE de Argentina, comprendiendo la cuenca media del río Paraná y la cuenca alta y media del río Uruguay. La Provincia de basaltos de inundación Paraná-Etendeka está relacionada a la apertura del Océano Atlántico del Sur, durante la ruptura del Gondwana occidental. Son basaltos toleíticos que datan entre 135 y 130 Ma (Peate *et al.*, 1990; Milner *et al.*, 1995; Torsvik *et al.*, 2009). Es un sistema de superficies elevadas de bajo relieve separadas por escarpas muy pronunciadas que fueron producidas por incisión fluvial. La erosión generó profundos valles y meandros encajados. Son sistemas fluviales desarrollados sobre lecho rocoso con incisión de cauces y escasa preservación de depósitos. Los sedimentos depositados por el Paraná y el Uruguay en esta región han sufrido un alto grado de reciclado por erosión y transporte (Iriando y Brunetto, 2016), motivo por el cual en ese sector no se registran depósitos del Plioceno. Cuatro niveles de paleosuperficies, que representan ciclos de erosión de edades diferentes, fueron propuestos por King (1956) para la Meseta Basáltica Paranaense: 1) Superficie Gondwánica (Cretácico superior); 2) Superficie Sul-Americana (Terciario inferior); 3) Superficie de Velhas (Terciario superior); 4) Superficie de Paraguaçu (Plioceno-Pleistoceno). Mediante técnicas morfométricas modernas pudo confirmarse su existencia y pudieron reconstruirse los límites y rangos de elevaciones de las cuatro paleosuperficies principales y otros niveles secundarios dentro de ellas (Kröhling *et al.*, 2011, 2014).

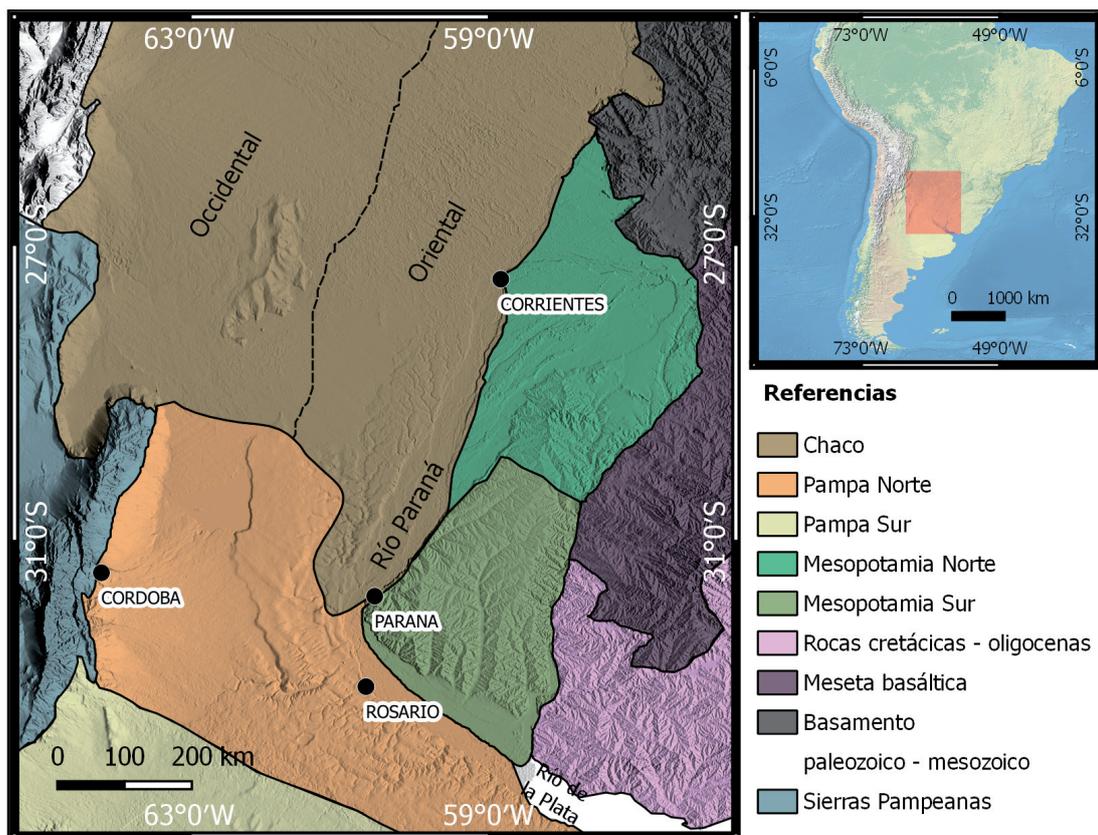


Figura 1. Mapa de las regiones geológicas del NEA: Chaco oriental, Mesopotamia Norte, Mesopotamia Sur y Meseta basáltica. Centro: Pampa Norte y Pampa Sur.

Mesopotamia Norte

Es la región dominada por el mega-abanico aluvial del río Paraná y los humedales del Iberá, que manifiesta una clara tendencia al hundimiento (subsistencia), el cual ha generado el espacio de acomodación de un potente sistema sedimentario (Formación Ituzaingó). El registro Cenozoico tardío de esta región es el resultado principalmente de la depositación de un mega sistema fluvial integral y dinámico formado por la interacción de los ríos Parapetí, Pilcomayo, Bermejo, Paraguay y Paraná (Iriondo y Brunetto, 2016). Estos sistemas depositacionales coalescen y confluyen conformando el relleno de una gran cuenca de antepaís abierta al sur, ubicada en el eje de la cuenca de los ríos Paraguay y Paraná (Brunetto y Soffiantini, 2016). La acción de uno y otro sistema ha dominado alternativamente durante el Cenozoico tardío, controlada por cambios climáticos, tectónicos y del nivel del mar como nivel de base de los sistemas fluviales. Estos cambios han quedado registrados por la presencia de sistemas de terrazas situadas en diferentes rangos de elevaciones. Hay evidencias de antiguas conexiones entre los ríos Paraguay y Paraná con la cuenca del río Uruguay (Iriondo y Kröhling, 2008; Iriondo y Brunetto, 2016; Brunetto y Soffiantini, 2016). También se han registrado episodios subordinados de sedimentación eólica interdigitados en las secuencias fluviales (Orfeo e Iriondo, 2010). Los datos geocronológicos recientemente reportados por Orfeo *et al.* (2014), sugieren que en esta región todos los depósitos que afloran en superficie corresponden al Pleistoceno, y el registro del Plioceno se encuentra enterrado en el subsuelo bajo la cubierta sedimentaria cuaternaria. En el sector S de esta región afloran basaltos de la Formación Serra Geral (Cretácico inferior), depósitos de la Formación Puerto Yerúa (Cretácico superior) y de la Formación Fray Bentos (Oligoceno superior). Esta región elevada es conocida como la meseta de Mercedes (Herbst y Santa Cruz, 1985).

Mesopotamia Sur

El centro-sur de la Mesopotamia se caracteriza por la presencia de paleo-humedales y fajas fluviales, cuya evolución está representada durante el Plioceno-Pleistoceno inferior por la Formación Puerto General Alvear (FPGA) en el sector occidental, por la Formación San Salvador (FSS) en el sector oriental, y durante el Pleistoceno inferior por las formaciones La Juanita en el SO y Hernandarias en toda la región norte y centro-este de Entre Ríos (figura 2; tabla 1). Es una región actualmente sometida a erosión por incisión fluvial la cual ha producido una intensa morfogénesis cuaternaria que generó el paisaje actual de colinas (Iriondo, 1998).

Chaco oriental

Es la región de humedales correspondiente al sector distal de los mega-abanicos de los ríos Pilcomayo, Bermejo y Salado (Iriondo, 1993, 2010). Es una región con

tendencia a la subsidencia por lo cual el registro del Plioceno generado por estos sistemas depositacionales, se encuentra muy probablemente en subsuelo.

ESTRATIGRAFÍA DEL PLIOCENO DEL NORESTE DE ARGENTINA. ANTECEDENTES GENERALES

El Plioceno de la región Noreste de Argentina ha sido referido de manera difusa a partir de la observación de las posiciones estratigráficas relativas de los diferentes niveles aflorantes, principalmente en las barrancas de la margen izquierda del río

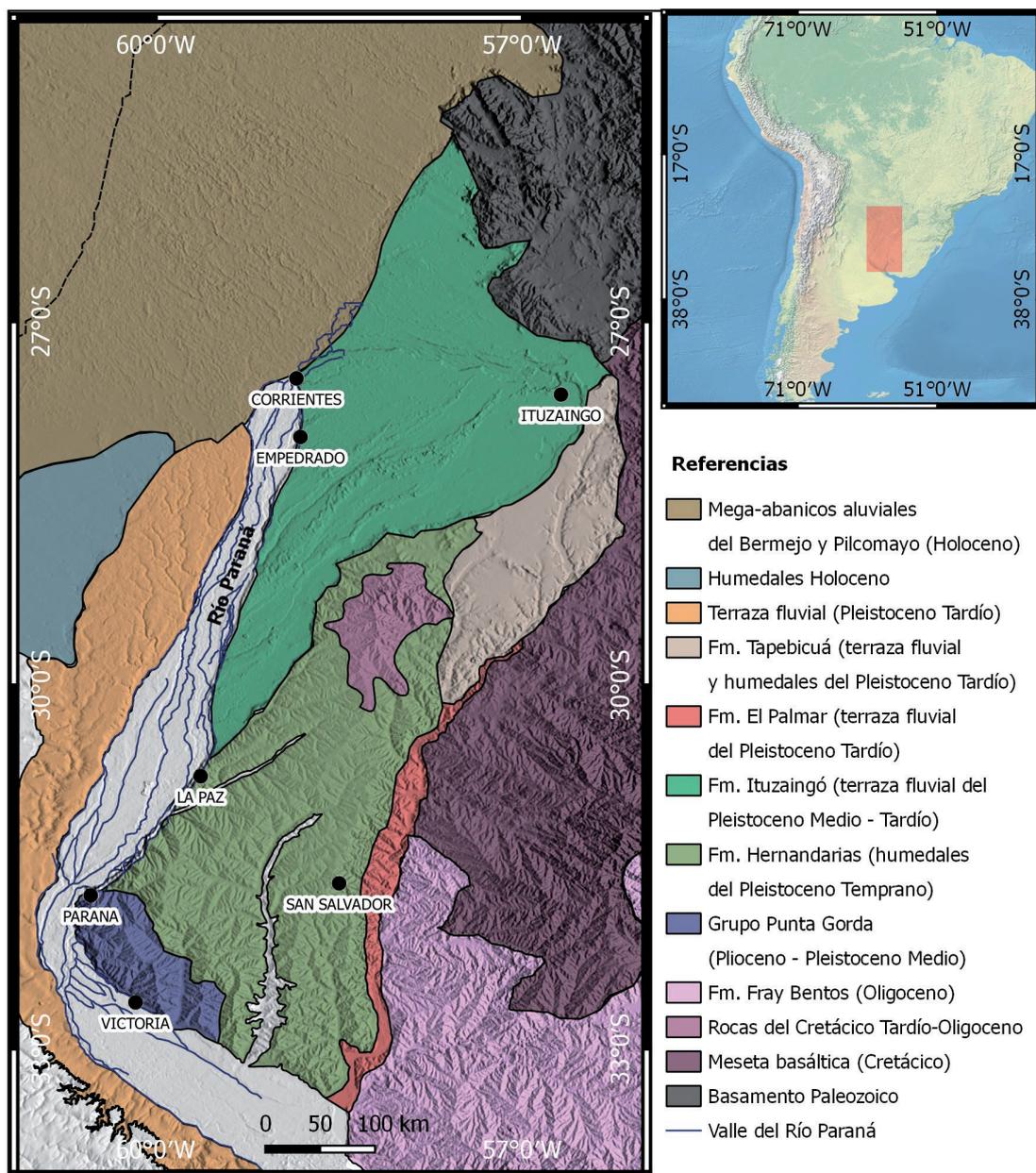


Figura 2. Mapa geológico de la Mesopotamia Sur y Oeste de Uruguay.

Tabla 1. Cuadro cronoestratigráfico del Cenozoico tardío de la Mesopotamia Sur.

Ma	Sistema Series Subseries/Piso Cronos Registro Paleomagnético	Pisos Sudamericanos	Unidades Litoestratigráficas			
			Sur de Entre Ríos	Norte de Entre Ríos	Este de Entre Ríos	Oeste y SO Uruguay
0	Holoceno		Fm. San Guillermo	Fm. La Picada	Fm. Concordia	
0.1	Tardío	Platense	Fm. La Picada	Fm. Tezanos Pinto	Fm. Tezanos Pinto	
0.2		Lujanense	Fm. Tezanos Pinto	Fm. Arroyo Feliciano	Fm. El Palmar	Fm. Salto ciclo 2
0.3			Fm. Salto Ander Egg			
0.4		Bonaerense				
0.5	Medio					
0.6	Brunhes					
0.7						
0.8	0.78					
0.9						
1.0	0.99					
1.1	1.07	Jaramillo				
1.2						Formación Salto ciclo 1
1.3						
1.4	Temprano	Ensenadense	Formación Punta Gorda			
1.5						
1.6	Matuyama			Formación Hernandarias	Formación Hernandarias	
1.7						
1.8	1.77					
1.9						
2.0	1.95	Olduvai	Formación La Juanita			
2.1						
2.2		Sanandresense	??	??	??	??
2.3						
2.4		Marplatense				
2.5	2.58	Vorohuense				
2.6			Formación Puerto General Alvear	Formación Puerto General Alvear	Formación San Salvador	Formación Raigón
2.7						
2.8	Gauss	Barrancalbiano				
2.9	3.04					
3.0	3.11	Kaena				
3.1						
3.0			Formación Puerto General Alvear	Formación Puerto General Alvear	??	Formación Raigón
4.0	Plioceno	Chapadmalalense				
5.0	Gilbert	Montehermosense				
6.0	5.89	?				
7.0		Huayqueriense		Ituzaingó Formation		??
8.0						
9.0		Chasiquense	Formación Paraná	Formación Paraná		Formación Camacho
10.0						

Paraná. Tradicionalmente se ha interpretado la sección basal de la Formación Ituzaingó como representativa de este sistema estratigráfico, sin reportar datos geocronológicos (Herbst, 1971, 2000; Chebli *et al.*, 1999). Dicha presunción fue sustentada en la asignación de una edad pliocena para la asociación faunística del denominado “conglomerado osífero” aflorante en las barrancas del Paraná, en el norte de Entre Ríos (Herbst, 2000). Los estudios de la Formación Ituzaingó parten del supuesto que fue depositada durante el Plio-Pleistoceno inferior, correspondiendo a los sedimentos continentales de origen fluvial desarrollados con posterioridad a las fases regresivas del “Mar Paranense”. La denominación fue creada por De Alba (1953) y desde entonces ha prevalecido en la literatura geológica y paleontológica (Iriando

y Rodríguez, 1973; Gentili y Rimoldi, 1979; Iriondo, 1980; Herbst y Santa Cruz, 1985; Jalfin, 1988; Cione *et al.*, 2000). Posteriormente, se asignó una edad miocena tardía a los niveles basales de la Formación Ituzaingó expuestos en Entre Ríos, sobre la base de análisis detallados de la fauna de vertebrados fósiles y su correlación regional (Cione *et al.*, 2000; Brandoni, 2013).

Teniendo en cuenta las interpretaciones paleontológicas, estratigráficas y geológicas recientes se considera como registro del Plioceno del NEA: 1) a una parte de la sección de la Formación Ituzaingó y otras unidades intercaladas, enterradas en el área de subsidencia de la cuenca Chaco-Paraná de Corrientes y el este de Chaco; 2) a la Formación Puerto General Alvear aflorante en la faja occidental de Entre Ríos; y 3) a la Formación San Salvador, expuesta en canteras o enterrada en el subsuelo próximo debajo de la Formación Hernandarias, a lo largo de la faja centro-este de Entre Ríos (figura 3).

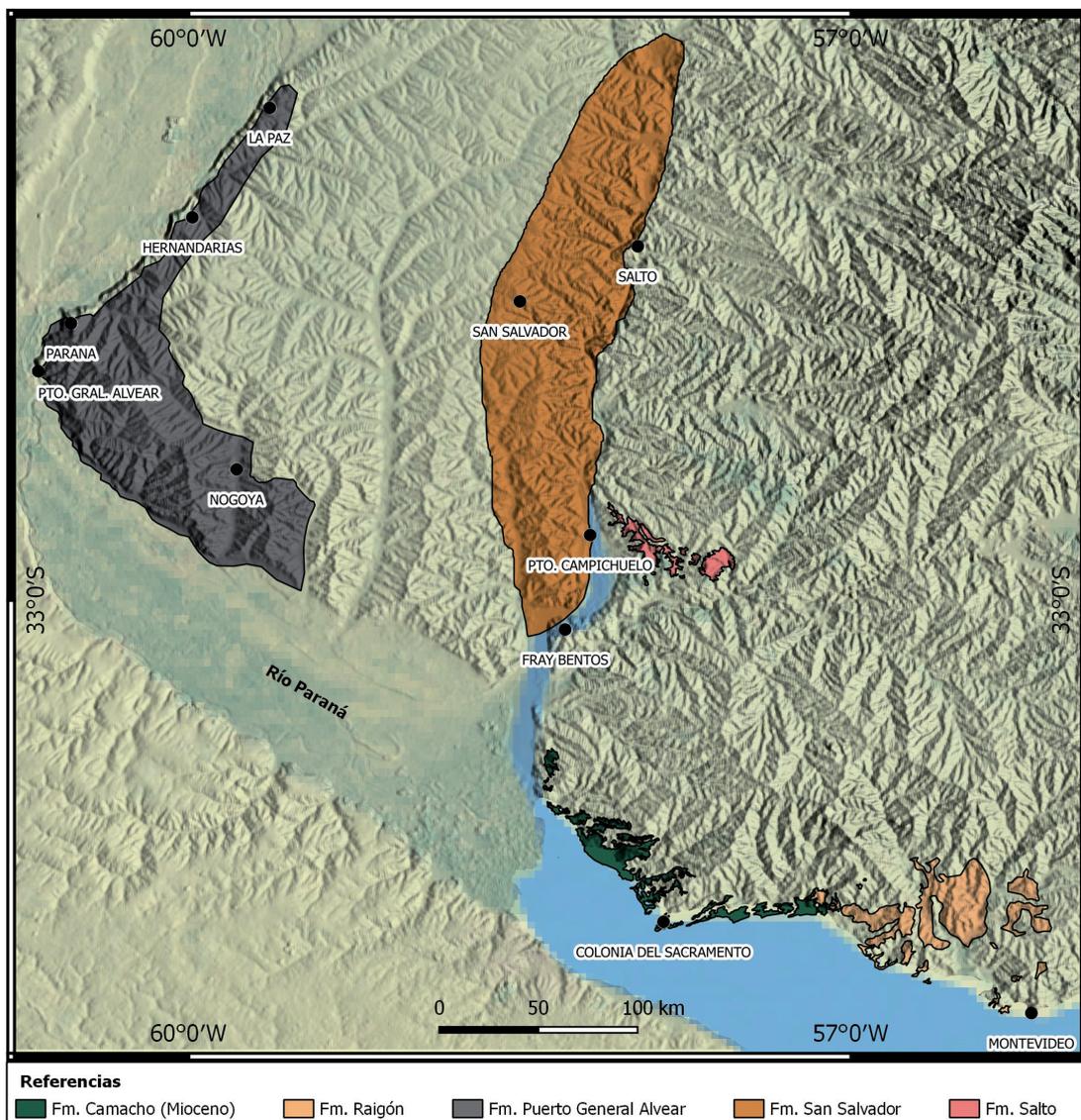


Figura 3. Distribución de unidades del Plioceno de la Mesopotamia Sur y Oeste de Uruguay. Se presenta también el área donde aflora la Formación Camacho de edad Mioceno tardío.

LITOESTRATIGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA DEL PLIOCENO

Formación Ituzaingó (subsuelo de Corrientes)

La sección estratigráfica de la Formación Ituzaingó que corresponde al Plioceno muy probablemente se encuentra en el subsuelo de Corrientes y Chaco, donde se registran los espesores máximos de dicha unidad sedimentaria (Herbst *et al.*, 1976; Herbst y Santa Cruz, 1985). En la perforación de la ciudad de Corrientes, se reportaron 160 m de espesor de la Formación Ituzaingó (Perforación 1, INCYTH, 1977). El contacto basal de las arenas fluviales con la Formación Paraná se ubica a 160 m bajo la boca de pozo. Los depósitos más antiguos reportados aflorantes en superficie, corresponden al Pleistoceno con edades de 257 y 527 ka (Orfeo *et al.*, 2014). Estos datos pertenecen a las exposiciones de mayor potencia observadas en las barrancas del Paraná, en proximidades de las localidades de Ituzaingó y Empedrado, respectivamente. Las muestras fueron extraídas en perfiles que corresponden a los interfluvios de los cauces actuales, cuyas superficies están sometidas actualmente a erosión. Las edades mayores obtenidas indican que dichos interfluvios corresponden a los relictos de terrazas altas del abanico generado por el río Paraná (Brunetto y Soffiantini, 2016). La presencia de terrazas marca antiguos niveles del perfil de equilibrio del sistema debido a causas que aún no han sido determinadas.

La reinterpretación de la edad del conglomerado basal de la Formación Ituzaingó (Brandoni, 2010, 2013) permite inferir que la columna que aflora en las barrancas del Paraná en la provincia de Entre Ríos resulta más antigua. Recientes interpretaciones regionales del registro estratigráfico proponen que la región sur de la Mesopotamia ha estado sufriendo levantamiento durante el Cuaternario, motivo por el cual afloran las sedimentitas correspondientes al Mioceno tardío (Brunetto, 2012; Brunetto *et al.*, 2013a, 2013b). Contrariamente, la región norte de la Mesopotamia es un ambiente de cuenca sedimentaria en la cual se han depositado más de 100 m de depósitos continentales cenozoicos tardíos (figura 4). A pesar de no contar con estudios detallados, es razonable estimar que el registro plioceno se encuentra enterrado en el subsuelo de Corrientes, Este de Formosa y Chaco y Sur de Paraguay. De acuerdo a las descripciones de pozos y correlaciones regionales, dicho registro estaría representado por una sucesión fluvial y niveles de paleo-humedales intercalados, depositados en la cuenca del río Paraná (Brunetto y Soffiantini, 2016).

Paleobotánica. Los trabajos sobre palinomorfos de la Formación Ituzaingó (Anzótegui, 1975; Caccavari y Anzótegui, 1987; Garralla, 1987; Anzótegui y Acevero, 1995), realizados en diferentes localidades de la Provincia Corrientes (Punta del Rubio, Santa Lucía y Villa Olivari), y el estudio detallado de 15 morfotipos de cutículas halladas en localidad fosilífera de Riachuelo (Anzótegui, 1980) permitió postular la existencia de las siguientes paleocomunidades: lagunas de aguas salobres, que podrían indicar una relación con ambientes marinos (Anzótegui, 1975); bosques en galerías, asociaciones florísticas relacionadas a cursos de agua, en zonas de llanuras o pendientes suaves (Anzótegui, 1980; Anzótegui y Lutz, 1987; Anzótegui y Acevero, 1995); elementos similares a los del Cerrado de Brasil, indicando un paleoclima tropical, con régimen de lluvias estacionales (Caccavari y Anzótegui, 1987);

condiciones lacunares, pequeños cuerpos de agua que habrían sido colonizados por vegetación (Garralla, 1987).

Hasta la actualidad, sólo se ha dado a conocer un leño fósil silicificado, *Mimosoxylon* sp., de la Formación Ituzaingó, hallado en la Provincia de Corrientes. Este ejemplar proviene de la localidad fosilífera de Punta del Rubio, es afín a la Familia Leguminosae, Subfamilia Mimosoideae y está estrechamente relacionado al género actual *Acacia* Miller (Lutz, 1991). La presencia de *Mimosoxylon* sp. podría indicar el desarrollo de bosques xerófilos en la región (Lutz, 1991; Anzótegui y Lutz, 1987). Recientemente se reportaron leños fósiles de angiospermas carbonizados, con muy poca preservación, los cuales fueron encontrados en la localidad de Bella Vista, junto a cutículas que aún no han sido estudiadas (Franco, 2011).

Estas asociaciones tradicionalmente han sido atribuidas a un período Plio-Pleistoceno en sentido general, dado que no existía un marco cronoestratigráfico más preciso. No obstante, considerando los nuevos aportes a la cronoestratigrafía de la región (Brandoni, 2013; Brunetto et al., 2013a; Iriondo y Brunetto, 2016; Brunetto y Soffiantini, 2016; figura 4), los nuevos datos geocronológicos (Orfeo et al., 2014) y las discusiones que se presentan en esta contribución, es posible sostener que el registro paleobotánico proveniente de la Formación Ituzaingó en la provincia de Corrientes, corresponde al Cuaternario.

Formación Puerto General Alvear (FPGA)

Originalmente, esta unidad fue definida como Formación Alvear (Iriondo, 1980). Sin embargo, debido a incompatibilidades de nomenclatura estratigráfica fue referida posteriormente de diferentes formas: Formación Puerto Alvear (Iriondo, 1998), Formación General Alvear (Aceñolaza, 2007) y Formación Puerto General

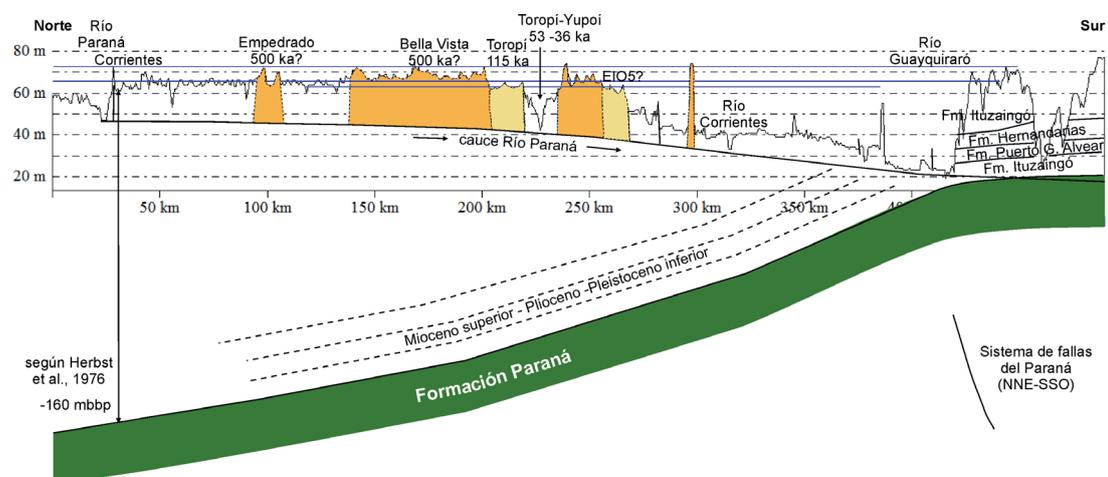


Figura 4. Interpretación estructural de la estratigrafía del Cenozoico tardío de la Mesopotamia en una sección a lo largo de la margen izquierda del río Paraná (Brunetto y Soffiantini, 2016). Las edades numéricas están basadas en datos geocronológicos de Kruck et al. (2011) y Orfeo et al. (2014).

Alvear (Brunetto *et al.*, 2015). El área tipo se encuentra en la barranca del Paraná y en perfiles de canteras localizadas en el paraje Puerto General Alvear. El perfil tipo está ubicado a 40 km al sur de la ciudad de Paraná, en el SO de Entre Ríos (31°18'00" S; 60°41'02" O). Esta unidad fue incluida en el Grupo Punta Gorda por Iriondo y Kröhling (2008, tabla 1) conjuntamente con las unidades suprayacentes, denominadas Formación La Juanita y Formación Punta Gorda.

Litología.— Esta sección sedimentaria se compone principalmente por un limo arcilloso a arcilla limosa que presenta laminación plana difusa, de color marrón claro con variaciones que pasan de oliva claro al amarillo, revestido por abundantes pátinas negras de sesquióxidos de hierro y manganeso. La característica distintiva de campo es la presencia de una red carbonática de origen freático, formada por tabiques horizontales de forma ondulada, unidos por tabiques verticales menos conspicuos. Se diferencian un miembro inferior (más calcáreo) y un miembro superior, separados por un paleosuelo en la localidad tipo y por una discordancia intraformacional en otras localidades.

Distribución y espesor.— La FPGa se encuentra expuesta en la barranca de la margen izquierda del río Paraná (O de Entre Ríos) y aflora en forma casi continua a lo largo de 300 km desde la ciudad de La Paz hasta el sur de Victoria, aproximadamente hasta el arroyo Nogoyá (figura 3). Abarca una extensión lateral que oscila entre 10 a 15 km desde la costa. La potencia de la FPGa varía entre 5 y 9 m.

Relaciones estratigráficas.— La FPGa apoya en paraconcordancia sobre Formación Ituzaingó (Mioceno tardío) a lo largo de la margen NO de Entre Ríos, desde La Paz hasta Paraná. Las estructuras generadas por pedogénesis en la FPGa, transgreden el contacto, afectando el tope de la Formación Ituzaingó. La FPGa apoya en discordancia sobre los depósitos de la fase de regresión marina de la Formación Paraná (Mioceno tardío) a lo largo de la faja SO de Entre Ríos, desde la ciudad de Paraná. Está cubierta mediante contacto erosivo por las formaciones Hernandarias y La Juanita (Pleistoceno inferior; Iriondo y Kröhling, 2008) al norte y al sur de Paraná, respectivamente.

Ambiente depositacional.— La asociación de facies, los elementos arquitecturales y la distribución geográfica de la FPGa muestran un ambiente palustre de extensión regional. Considerando dicha distribución espacial regional, Iriondo (1998) interpretó que la extensa superficie de humedales ocupaba una faja fluvial abandonada por el río Paraná; como así también que los pantanos eran consecuencia de un elevado nivel freático con variaciones temporales y el aporte de aguas bicarbonatadas que precipitaban en la zona de surgencia. Ese ambiente resultó una eficaz trampa de sedimentos para el polvo eólico que llegaba a la región desde el sudoeste (Iriondo, 1998; Iriondo y Kröhling, 2008). Este paquete sedimentario fue depositado durante un intervalo de clima predominantemente semiárido de características típicamente pampeanas (Iriondo, 1980, 1998, 2010). Sin embargo, la presencia de algunas estructuras tractivas de baja energía, las facies sedimentarias de limos laminados y

la depositación pedogenética de óxidos de hierro y de manganeso, señalan también la existencia de pulsos climáticos con mayor disponibilidad hídrica.

Contenido paleobotánico.— Los registros paleobotánicos de la FPGA se basan en la asociación fitolítica hallada en su área tipo, la localidad de Puerto General Alvear (Departamento Diamante, Entre Ríos). Esta asociación fitolítica indica la presencia de una paleocomunidad dominada por *Arecaceae* y un alto porcentaje de *Poaceae* de los tipos meso y megatérmicos. En la actualidad estos componentes florísticos se encuentran en la región litoral, formando núcleos reducidos de palmares relictuales, relacionados con condiciones microambientales, considerados actualmente las sabanas más australes de Sudamérica. Evidencia de una flora cálida que en otros tiempos se hallaba más extendida en la región (Zucol et al., 2004; Zucol y Brea, 2005; Brea y Zucol, 2011). Esta paleoflora se habría desarrollado localmente en condiciones semiáridas, en ambientes de características típicamente pampeanas.

Paleovertebrados.— Los primeros mamíferos plio-pleistocénicos reportados en la Mesopotamia proceden de la barranca alta de la margen sur del arroyo La Ensenada, a 300 m aproximadamente al N de su desembocadura en el río Paraná, Departamento Diamante, Entre Ríos. Estos sedimentos se corresponden con los niveles más basales del grupo Punta Gorda (= Formación Puerto Alvear, Iriondo, 1980). Los restos fósiles hallados en estos depósitos consisten en roedores [cf. *Dolicavia*, un taxón afín a *Paleocavia-Cavia*, *Phugatherium*?, *Lagostomus* (*Lagostomopsis*) sp., *Paramyocastor diligens* y *Eumysops* sp.] y en el notoungulado hegetotérido *Paedotherium* cf. *typicum* (Noriega et al., 2006; Candela et al., 2007). A este incipiente elenco faunístico, Schmidt et al. (2011) sumaron nuevos hallazgos procedentes del mismo nivel, correspondiendo a ejemplares referidos al orden Litopterna (Protheriidae indet.) y Notoungulata (Toxodontidae indet. y Hegetotheriidae: *Paedotherium* cf. *typicum*). Más recientemente, se encontró un premolar inferior derecho (p4?) de otro Litopterna, pero de la familia Macraucheniidae, lo que constituye el primer registro de macraucheniidos en la FPGA (datos no publicados).

La fauna registrada en estos niveles fue atribuida en principio a la edad pliocena tardía (*Marplatense*?) (Candela et al., 2007; Schmidt et al., 2011). Asimismo, en virtud de las modificaciones sufridas recientemente por la escala geocronológica/cronoestratigráfica internacional (ICS), Ferrero (2013) señaló que la mastofauna hallada en los sedimentos de la FPGA representaría la primera asociación para el Pleistoceno más temprano. Sin embargo, la presencia de ciertos taxones de roedores (e.g. *Lagostomus*, *Paramyocastor*, *Eumysops*, *Cavia* cf. *galileoi*) brinda la posibilidad de ampliar el rango temporal de la asociación hasta el Montehermosense (límite Mioceño-Plioceno) por un lado y el hasta el subpiso Sanandresense (base del Pleistoceno inferior) por el otro. De esta manera, el significado biocronológico del registro no permite por el momento acotar con mayor precisión la edad de la asociación, aunque si referirla al Plioceno-Pleistoceno temprano (Noriega et al., 2006; Brunetto et al., 2007; Ferrero, 2013).

Desde un punto de vista paleoambiental, las características sedimentológicas de la FPGA, junto a muchos de los roedores y hegetotéridos reconocidos, sugieren

la presencia de tierras bajas, abiertas y más áridas que aquellas propuestas para períodos anteriores (Mioceno tardío) en la región mesopotámica (“Mesopotamiense”, Formación Ituzzaingó) (Candela *et al.*, 2007). No obstante, la presencia de un proterotérico con dentición de corona relativamente baja (braquiodonte) es indicativo de alguna forma ramoneadora o que se alimentaba de especies arbustivas y, por lo tanto, habitante de ambientes más bien cerrados del tipo sabanas arboladas (Soria, 2001; Bond *et al.*, 2001; Ubilla *et al.*, 2011). Estas inferencias se han visto respaldadas recientemente a partir de investigaciones que involucran al proterotérico pleistoceno *Neolicaphrium recens*. Estudios de isótopos ($\delta^{13}C$) en piezas dentarias apoyan la hipótesis de que este taxón habitó ambientes de bosques cerrados a semi-abiertos y análisis de microdesgaste dentario lo caracterizan como un tipo ramoneador (Corona *et al.*, 2016; Morosi y Ubilla, 2017). El registro en el área de megaherbívoros pastadores como los toxodontes (basado en fragmentos de dientes) sería indicativo de zonas abiertas y cercanas a cuerpos de agua (Miño Boilini *et al.*, 2006; Tomassini *et al.*, 2015), aunque otros estudios basados en el esqueleto postcraneal sugieren para estos animales un modo de vida adaptado a ambientes abiertos antes que semiacuáticos (MacFadden, 2005). Finalmente, el reporte de un macrauquénido manifiesta la presencia de animales predominantemente cursoriales y con un tipo de alimentación ramoneador-pacedor (Bond *et al.*, 1995). Por lo expuesto, es posible interpretar –en función de la fauna encontrada hasta el momento– que durante la depositación de la FPGA el paisaje contemplaba un mosaico de hábitats, donde la oferta de espacios para el desarrollo de cada uno de los taxones habría sido variada.

Edad.— La edad de la FPGA Alvear más probable es Plioceno, basada en el análisis del contenido faunístico y la información de polaridades magnéticas. Presenta una asociación de mamíferos fósiles principalmente del Plioceno (Montehermosense-Marplatense) (Candela *et al.*, 2007; Noriega *et al.*, 2006). La interpretación de los datos de polaridad magnética es controversial, correspondiendo a polaridades normales en la base y reversas en el tope (Bidegain, 1991). A partir de los datos paleomagnéticos disponibles la sedimentación había sido ubicada dentro del cron Matuyama inferior (Bidegain, 1991; Iriondo, 1998; Iriondo y Kröhling, 2008). La evidencia paleontológica sugiere que la edad podría extenderse inclusive hasta la base del Plioceno (Montehermosense) sobre la base del rango de taxones (Candela *et al.*, 2007). Si se considera conjuntamente el contenido fósil y la información paleomagnética, es probable que los sedimentos de la FPGA se depositaran durante los cronos Gauss/Matuyama (eventos de polaridad normal en la base y polaridad reversa en la transición C2A/C2) o inclusive en la sucesión Gilbert/Gauss (eventos de polaridad normal en la base y polaridad reversa en la transición de los cronos C3/C2A) (ver tabla 1).

La Formación La Juanita, suprayacente a la FPGA, presenta polaridad inversa por lo que ha sido asignada al cron Matuyama (Bidegain, 1991; Iriondo, 1998; Iriondo *et al.*, 2000; Kröhling, 2001; Iriondo y Kröhling, 2008; Walther *et al.*, 2013) sin poder ser confirmado si corresponde a Matuyama-C1 o Matuyama-C2 (Walther *et al.*, 2013). Por esta razón la Formación La Juanita es ubicada en el Pleistoceno inferior y constituye una restricción de la edad de la FPGA.

En síntesis, los datos disponibles analizados integralmente permiten ubicar la edad de la FPGA probablemente desde el inicio del Plioceno, siendo factible extender el rango de edad a la base del Pleistoceno inferior.

Formación San Salvador (FSS)

La Formación San Salvador fue definida por Iriondo y Kröhling (2007, 2008), quienes se basaron principalmente en datos de pozos. Esta unidad constituye el principal acuífero de la provincia de Entre Ríos. Ocupa una faja de 50 a 100 km de ancho y 300 km de longitud, en el subsuelo del Este de Entre Ríos (figura 3). Esta unidad, la cual aún carece de una descripción tipo, aparece en superficie en una cantera próxima a San Salvador (31°46'2" S, 58°22'4" O), con un espesor de aproximadamente 3 m. En dicha exposición se observa la Formación Hernandarias apoyada sobre la FSS, en contacto discordante. Hay exposiciones superficiales en otra cantera en Puerto Campichuelo, en el Sureste de Entre Ríos (Iriondo y Kröhling, 2007) y en las canteras Salvia (Colón) y Scévola (Concordia) (Patterer, 2015). En todas ellas, la Formación Hernandarias sobreyace la FSS en forma discordante.

La Formación San Salvador está constituida por arenas gruesas con niveles de gravas y cantos rodados que fueron interpretadas como facies de canal (Iriondo y Kröhling, 2007). Dicha facies muestra espesores de 10 a 30 m y está compuesta por arenas cuarzosas medianas a gruesas. Los clastos están constituidos principalmente por calcedonia, con escasos clastos de basalto y areniscas retrabajadas. También se encuentran depósitos de arenas arcillosas, de 2 a 6 m de potencia, atribuidos al relleno de cauces abandonados. Mientras que un tercer nivel descripto, de 4–8 m de espesor, corresponde a arcillas grises, interpretadas como facies de pantano (Iriondo y Kröhling, 2007). Dichos autores interpretaron que la FSS fue un sistema fluvial meandriforme de gran extensión que ocupaba el centro-este de la provincia de Entre Ríos. Este sistema regional es hoy un paleocauce enterrado el cual posiblemente correspondía a la unión de los ríos Paraná y Uruguay, dado que presenta características sedimentológicas y mineralógicas de ambos ríos (Iriondo y Kröhling, 2007, 2008)

Iriondo y Kröhling (2007, 2008) distinguen esta unidad estratigráfica de la Formación El Palmar (Iriondo, 1980), la cual aflora en la terraza alta del río Uruguay actual. Tradicionalmente ambas formaciones fueron consideradas como una única unidad estratigráfica denominada informalmente Salto Chico (Rimoldi, 1963; Gentili y Rimoldi, 1979), que fue correlacionada con la Formación Salto de Uruguay (Bossi, 1969). La denominación Formación Salto Chico fue principalmente empleada para indicar el acuífero de Entre Ríos (Bertolini *et al.*, 1988; Aceñolaza, 2007), como parte del Sistema Acuífero Salto-Salto Chico (Aceñolaza, 2007). Sin embargo, este esquema no consideraba la relación estratigráfica entre los depósitos fluviales antiguos (Formación San Salvador) y los depósitos del Pleistoceno tardío (Formación El Palmar). Existe una clara desconexión estratigráfica entre ambos sistemas sedimentarios los cuales están separados por la Formación Hernandarias, una unidad estratigráfica de extensión regional y con una potencia de hasta 20 m. La Formación Hernandarias (acuicludo) representa un extenso lapso de tiempo y

un gran cambio en las propiedades hidrodinámicas del subsuelo, lo cual confiere una identidad diferente a las dos unidades acuíferas (Iriondo y Kröhling, 2007).

La FSS posiblemente se correlaciona con el ciclo sedimentario inferior de la secuencia depositacional Salto de Uruguay. Estos depósitos fueron datados en 986 ± 100 ka y 830 ± 95 ka, mediante Termoluminiscencia (TL) por Veroslavsky y Ubilla (2007). Probablemente las edades reales resulten fuera de rango del método de datación y puedan ser más antiguas aún que las obtenidas por dichos autores (Kröhling, 2009). El esquema estratigráfico de la costa entrerriana del río Uruguay San Salvador/El Palmar corresponde a la secuencia Salto inferior/Salto superior de la costa uruguaya, representando dos escalas del registro: Plio-Pleistoceno inferior y Pleistoceno superior. El rasgo distintivo de la sucesión entrerriana es la presencia de una unidad de entidad regional (Formación Hernandarias) entre las dos unidades de origen fluvial (formaciones San Salvador/El Palmar).

Paleobotánica.— El registro paleobotánico de esta unidad está representado por asociaciones fitolíticas descritas en dos perfiles estratigráficos de las localidades fosilíferas Salvia (Colón, Entre Ríos) y Concordia (Concordia, Entre Ríos). En el perfil Salvia, las asociaciones fitolíticas caracterizan paleocomunidades de bosques y palmares en el estrato arbóreo y gramíneas meso y megatérmicas conformando el estrato herbáceo. En el perfil Concordia las asociaciones definieron paleocomunidades conformadas por bosques estratificados y palmares, con una presencia importante de elementos que conformaban el sotobosque de gramíneas bambusoideas. El estrato herbáceo resultó escaso y principalmente de gramíneas megatérmicas. Estas asociaciones vegetales debieron desarrollarse en las proximidades de cuerpos de aguas de rápidos o saltos de ambientes húmedos con la presencia de plantas acuáticas (Patterer, 2015). Estas paleocomunidades describen características megatérmicas con elevada disponibilidad hídrica.

CONSIDERACIONES FINALES

Discusión sobre la edad

El registro del Plioceno del NEA en superficie puede ser referido a la Formación Puerto General Alvear, sobre una faja de unos 10 a 30 km a lo largo de toda la margen Oeste de Entre Ríos y a la Formación San Salvador, en una faja elongada de 50 a 100 km de ancho, ubicada en el Centro-Este de Entre Ríos (figura 3). Ambas unidades están cubiertas por la Formación Hernandarias de edad estimada Pleistoceno inferior. Dicha interpretación está basada en datos de polaridad magnética (Iriondo *et al.*, 2000; Kröhling, 2001; Iriondo y Kröhling, 2008). La posición estratigráfica relativa de la FPGA y la FSS respecto a la suprayacente Formación Hernandarias permite correlacionarlas lateralmente y ubicarlas aproximadamente en una edad pliocena en sentido general. La FPGA presenta mayores evidencias que permiten asignarla al Plioceno dado que cuenta con datos bio y magnetoestratigráficos. Debido a que no hay un control estratigráfico claro en la base de la FSS,

y la única referencia es la presencia en superficie de la Formación Fray Bentos (Oligoceno superior) en la margen del río Uruguay, no es posible establecer claramente una edad inferior para dicha unidad. No obstante, en el SO de Uruguay aflora la Formación Camacho, representativa de la ingresión miocena tardía y subyacente a la Formación Raigón de origen fluvial (Sprechmann *et al.*, 2000). Si bien no hay evidencia cronoestratigráfica conclusiva que permita afirmar una edad para la Formación Raigón, sobre la base del contenido fósil mastofaunístico, puede situarse en un amplio rango temporal entre el Plioceno y el Pleistoceno medio (Perea *et al.*, 2013). La posible correlación con los depósitos fluviales de la Formación Raigón, aflorante en el Sur de Uruguay (Goso y Bossi, 1966; Bossi *et al.*, 2009), y/o con los depósitos fluviales de la Formación Salto (Goso, 1965) expuestos en el centro-oeste de Uruguay, sugiere una edad Plioceno-Pleistoceno inferior *sensu lato* para la FSS.

Paleoambientes

No existen estudios sedimentológicos de detalle en las exposiciones referidas al Plioceno del Sur de la Mesopotamia. Las diferentes fuentes de datos provenientes de la FPGA permiten inferir paleoambientes en general más secos que aquellos característicos del Mioceno. Sin embargo, existen elementos en las asociaciones fósiles y rasgos sedimentológicos que permiten inferir ciclos de condiciones climáticas cambiantes registrados en la FPGA. La gran disponibilidad de carbonato de calcio pudo estar asociada a la geoquímica de las facies marinas regresivas anteriores, y a su re-depositación durante fases semiáridas del Plioceno continental. Las estructuras y arquitectura de dicho cuerpo sedimentario indican la existencia de un ambiente regional de humedales frecuentemente anegables, inclusive afectados por pulsos climáticos muy húmedos que quedaron registrados en la presencia de óxidos de hierro y manganeso en forma de extensas pátinas. Este tipo de ambientes han sido muy característicos en la región pampeana durante el Cuaternario (Brunetto *et al.*, 2010, 2016; Kröhling *et al.*, 2016). Estos ambientes se caracterizan por la coexistencia en el registro sedimentario de señales climáticas opuestas, inferidas a partir de los minerales de origen autigénico post-sedimentario. Los óxidos de Fe y Mn, reflejan condiciones de alta temperatura (30° C) y humedad (*ca.* 2000 mm/año) (Iriondo *et al.*, 2009). La presencia de deposición carbonática en forma de placas horizontales, sugiere descensos en el nivel freático en condiciones de balance hídrico negativo. Esta interpretación es compatible con las inferencias reportadas a partir del registro de la asociación fitolítica, que señala condiciones de clima cálido semiárido, y a partir de restos de paleovertebrados, los cuales indican una marcada variabilidad de hábitats que podrían estar respondiendo a distintas condiciones en el ambiente.

La sedimentología y la arquitectura de la FSS y la asociación de fitolitos registrada en esta unidad, indican ambientes asociados a cuerpos fluviales bien desarrollados. Tanto el análisis de facies como el registro paleobotánico indican ambientes generados bajo condiciones claramente de clima húmedo. El registro de la paleoflora a su vez indica la existencia de paleocomunidades desarrolladas bajo condiciones de climas cálidos.

No hay información cronológica precisa para establecer una sucesión evolutiva de paleoambientes representativa del Plioceno de la Mesopotamia. Tampoco hay estudios espacialmente distribuidos que permitan realizar reconstrucciones paleogeográficas precisas. Algunas diferencias en las inferencias ambientales señaladas en el presente trabajo, sugieren un posible diacronismo o diacronismo parcial entre la FPGA y la FSS, las cuales constituyen probablemente el único registro material de un muy extenso período de tiempo comprendido en el lapso Plioceno-Pleistoceno inferior.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los organizadores de los Simposios del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina y a los editores del volumen especial sobre estado actual del conocimiento estratigráfico y paleontológico, la oportunidad de publicar el presente trabajo en la Revista Opera Lilloana. Un especial agradecimiento al Dr. Martín Iriondo por la evaluación realizada y a la Lic. María Cecilia Zalazar por la elaboración de los mapas geológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F. G. 2007. Geología y recursos geológicos de la Mesopotamia Argentina. INSUGEO. Serie Correlación Geológica 22: 160 pp.
- Anzótegui, L. M. 1975. Esporomorfos del Terciario superior de la provincia de Corrientes, Argentina. I Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas 2: 318-329, Tucumán.
- Anzótegui, L. M. 1980. Cutículas del Terciario superior de la provincia de Corrientes, República Argentina. II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología. Actas 3: 141-167, Buenos Aires.
- Anzótegui, L. M. y Acevedo, T. L. 1995. Revisión de *Ilexpollenites* Thiergart y una nueva especie del Plioceno superior (Formación Ituzaingó) de Corrientes, Argentina. VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas XX: 15-21, Chubut.
- Anzótegui, L. M. y Lutz, A. I. 1987. Paleocomunidades vegetales del Terciario superior (Formación Ituzaingó) de la Mesopotamia argentina. Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 18: 131-144.
- Bertolini, J. C., Tomas, M. A. y Lell, R. 1988. Inventario del recurso Aguas Subterráneas en la Provincia de Entre Ríos. Informe a Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (SECyT) Informe inédito, 54 pp.
- Bidegain, J. 1991. Sedimentary development, magnetostratigraphy and sequence of events of the Late Cenozoic in Entre Ríos and surrounding areas in Argentina. Doctoral Thesis, Department of Geology and Geochemistry, Stockholm University (inédito), 1-198. Estocolmo.

- Bond, M., Cerdeño, E. y López, G. 1995. Los ungulados nativos de América del Sur. En: Evolución biológica y climática de la región pampeana durante los últimos cinco millones de años. Un ensayo de correlación con el Mediterráneo occidental. Monografías del MNCN, CSIC, Madrid. 257-276 pp.
- Bond, M., Perea, D., Ubilla, M. y Tauber, A. 2001. *Neolicaphrium recens* Frenguelli, 1921, the only surviving Proterotheriidae (Litopterna, Mammalia) into the South American Pleistocene. *Palaeovertebrata* 30: 37-50.
- Bossi, J. 1969. Geología del Uruguay. Universidad de la República, Colección Ciencias 2. Dpto. de Publicaciones. Montevideo. 464 pp.
- Bossi, J., Ortiz, A. y Perea, D. 2009. Pliocene to middle Pleistocene in Uruguay: A model of climate evolution. *Quaternary International* 210: 37-43.
- Brandoni, D. 2010. On the systematics of *Ortotherium* Ameghino (Xenarthra, Tardigrada, Megalonychidae) from the “Conglomerado osífero” (late Miocene) of Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 30: 975-980.
- Brandoni, D. 2013. Los mamíferos continentales del “Mesopotamiense” (Mioceno Tardío) de Entre Ríos, Argentina. Diversidad, edad y paleobiogeografía. En: Brandoni, D. y Noriega, J. I. (Eds.), El Neógeno de la Mesopotamia argentina. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 14: 179-191.
- Brea, M. y Zucol, A. F. 2011. The Paraná-Paraguay Basin: Geological and Paleoenvironmental. En: Albert, J. S. y Reis, R. I. (Eds.). Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. Chapter 4: 69-87. University of California Press.
- Brunetto, E., Iriondo, M., Zamboni, L. y Gottardi, M. G. 2010. Quaternary Deformation around the Palo Negro area, Pampa Norte, Argentina. *Journal de South American Earth Sciences* 29: 627-641.
- Brunetto, E. 2012. Desplazamientos laterales neógenos en fallas del sur de Entre Ríos, a partir de evidencias estratigráficas, geomorfológicas y datos de GPS. Jornada Abierta de Comunicaciones Científicas del IGEB. Tectónica de Desplazamiento de Rumbo. Dpto. de Ciencias Geológicas de la UBA, 6 pp. Buenos Aires.
- Brunetto, E. y Soffiantini, J. 2016. Unidades cuaternarias del centro y sur de Paraguay. VII CLS- VII Congreso Latinoamericano de Sedimentología y XV RAS - XV Reunión Argentina de Sedimentología. Libro de Resúmenes: 45. Santa Rosa de la Pampa.
- Brunetto, E., Ferrero, B. y Noriega, J. I. 2015. Late Pleistocene lithostratigraphy and sequences in the Southwestern Mesopotamia (Argentina): evidences of the Last Interglacial Stage. *Journal of South American Earth Sciences* 58: 111-128.
- Brunetto, E., Noriega, J. I., Brandoni, D. y Schmidt, G. I. 2013. Evolución geológica del Mioceno tardío-Pleistoceno temprano del Oeste de Entre Ríos. II Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina. *Ameghiniana* 50 (6), Resúmenes. R7, Diamante.
- Brunetto, E., Krohling, D. M., Zalazar, M. C. y Francisconi, C. 2016. Analysis of the interaction between neotectonic and surface processes in a low-land in-

- tracratonic setting of South America. *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.06.018>.
- Brunetto, E., Noriega, J. I. y Brandoni, D. 2013. Sedimentología, estratigrafía y edad de la Formación Ituzaingó en la provincia de Entre Ríos, Argentina. En: Brandoni, D. y Noriega, J. I. (Eds.), *El Neógeno de la Mesopotamia argentina*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 14: 13-27.
- Brunetto, E., Noriega, J. I., Ferrero, B., Zamboni, L. y Gottardi, G. 2007. Relaciones estratigráficas de campo en unidades pliocenas y pleistocenas del departamento Diamante, provincia de Entre Ríos. *XXIII Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*. *Ameghiniana* 44 (4): 8R.
- Caccavari, M. A. y Anzótegui, L. M. 1987. Polen de Mimosoideae (Leguminosae) de la Formación Ituzaingó, Plioceno superior de Corrientes, Argentina. *IV Congreso Latinoamericano de Paleontología* 443-458. Bolivia.
- Candela, A. M., Noriega, J. I. y Reguero, M. A. 2007. The first Pliocene Mammals from the Northeast (Mesopotamia) of Argentina: Biostratigraphic and Paleoenvironmental significance. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27 (2): 476-483.
- Chebli, G., Mozetic, M., Rossello, E. y Bühler, M. 1999. Cuencas sedimentarias de la llanura Chacopampeana. En: Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Buenos Aires, *Anales* 29: 627-644.
- Cione, A. L., Azpelicueta, M. M., Bond, M., Carlini, A. A., Casciotta, J. R., Cozzuol, M. A., De la Fuente, M., Gasparini, Z., Goin, F. J., Noriega, J., Scillato-Yané, G. J., Soibelzon, L., Tonni, E. P. y Vucetich, M. G. 2000. Miocene vertebrates from Entre Ríos province, eastern Argentina. En: F. G. Aceñolaza y R. Herbst (Eds.), *El Neógeno de Argentina*. Serie Correlación Geológica 14: 191-237.
- Corona, A., Perea, D. y Ubilla, M. 2016. Preferencias alimentarias de *Neolicaphrium recens* Frenguelli, 1921 en base a análisis de microdesgaste dentario. *XI Congreso de la Asociación Paleontológica Argentina*. Libro de resúmenes: 34. Río Negro, Argentina.
- De Alba, E. 1953. Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 8: 129-161.
- Ferrero, B. S. 2013. Los vertebrados del Cuaternario de la provincia de Entre Ríos. *II Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina*, Libro de resúmenes: 10. Diamante, Entre Ríos.
- Franco, M. J. 2011. Estudios paleobotánicos de la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Cuenca del Río Paraná, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, (inédito) 368 pp. Córdoba.
- Garralla, S. 1987. Palinomorfos (Fungi) de la Formación Ituzaingó (Plioceno Superior) de la provincia de Corrientes, Argentina. *Facena* 7: 87-109.
- Gentili, C. y Rimoldi, H. 1979. Mesopotamia. En: Turner, J.C. (Ed.), *II Simposio de Geología Regional Argentina (Córdoba, 1976)*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 1: 185-223.

- Goso, H. 1965. El Cenozoico de Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay. Montevideo. 36 pp.
- Goso, H. y Bossi, J. C. 1966. Cenozoico. En: Bossi, J. C. (Ed.), Geología del Uruguay. Universidad de la República, Montevideo, 259-305.
- Herbst, R. 1971. Esquema estratigráfico de la provincia de Corrientes, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 26: 221-243.
- Herbst, R. 2000. La Formación Ituzaingó (Plioceno). Estratigrafía y distribución. En: Aceñolaza, F. G. y Herbst, R. (Eds.), El Neógeno de Argentina. Serie Correlación Geológica 14: 181-190.
- Herbst, R. y Santa Cruz, J. N. 1985. Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. *D´Orbignyana* 2: 1-69.
- Herbst, R., Santa Cruz, J. N. y Zabert, L. L. 1976. Avances en el conocimiento de la estratigrafía de la Mesopotamia Argentina, con especial referencia a la provincia de Corrientes. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 7: 101-121.
- INCYTH, 1977. Evaluación preliminar de los recursos de agua subterránea, Cuencas N° 42 y 43, provincia de Corrientes. Convenio INCYTH – Facultad de Ciencias Naturales y Museo. La Plata. Informe inédito. Buenos Aires
- Iriondo, M. H. 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. *Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 11: 125-141.
- Iriondo, M. 1993. Geomorphology and late Quaternary of the Chaco (South America). *Geomorphology* 7: 289-303.
- Iriondo, M. 1998. Excursion Guide N°3: Province of Entre Rios. International Joint Field Meeting: Loess in Argentina: Temperate and Tropical. INQUA-PASH-CLIP-UNER-CECOAL; 3: 1-19, Paraná.
- Iriondo, M. H. 2010. Geología del Cuaternario en la Argentina. Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino, 437 pp. Santa Fe.
- Iriondo, M. H. y Rodríguez, E. D. 1973. Algunas características sedimentológicas de la Formación Ituzaingó entre La Paz y Pueblo Brugo (Entre Ríos). V Congreso Geológico. Actas 1: 317-331. Carlos Paz.
- Iriondo, M. H. y Kröhling, D. 2007. La Formación El Palmar (Informalmente Formación Salto Chico) y el Acuífero San Salvador, Entre Ríos. V Congreso Argentino de Hidrogeología. 433-441, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Iriondo, M. H. y Kröhling, D. 2008. Cambios ambientales en la cuenca del Uruguay (desde el Presente hasta dos millones de años atrás). Colección Ciencia y Técnica, Universidad Nacional del Litoral, 330 pp. Santa Fe.
- Iriondo, M. H. y Brunetto, E. 2016. Cuaternario de Brasil, Paraguay y Uruguay. Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino, Santa Fe, ISBN 978-987-42-2573-3; 494 pp.
- Iriondo, M. H., Kröhling, D. y Bidegain, J. 2000. The Quaternary of SW Entre Rios, Argentina. 31st International Geological Congress. Abstracts. Río de Janeiro.
- Iriondo, M. H., Brunetto, E. y Kröhling, D. 2009. Historical climatic extremes as indicators for typical scenarios of Holocene climatic periods in the Pampean plain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 283: 107-119.

- Jalfin, G. A. 1988. Formación Ituzaingó (Plio-Pleistoceno) en Empedrado, provincia de Corrientes: un paleorío arenoso entrelazado tipo Platte. 2da Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 130-134. Buenos Aires.
- King, L. C. A. 1956. Geomorfología do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia 2: 147-265.
- Kröhling, D. 2001. Quaternary loess-paleosol sequence of southwestern Entre Ríos Province, Northern Pampa, Argentina. VI International Symposium and field workshop on paleopedology. UNAM. Abstracts: 27-28. México.
- Kröhling, D. M. 2009. La Formación El Palmar, una unidad fluvial asignable al subestadio cálido EIO 5a (Pleistoceno Tardío) de la cuenca del Río Uruguay. *Natura Neotropicalis* 40 (1 y 2): 61-86.
- Kröhling, D., Brunetto, E, Galina, G. y Zalazar, M. C. 2011. Palaeosurface analysis on the Cretaceous basaltic plateau on the Upper Río Uruguay basin (NE Argentina and Southern Brazil). *Revista Brasileira Geociências* 30 (1): 31-46. São Paulo, UNESP
- Kröhling, D., Brunetto, E. e Iriondo, M. 2012. Avances en la identificación de paleosuperficies de la meseta basáltica paranaense (Misiones) V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología; 2-4 de octubre. Actas: 136-137 pp. Río Cuarto.
- Kröhling, D., Brunetto, E, Galina, G., Zalazar, M. C. e Iriondo M. 2014. Planation surfaces on the Parana basaltic plateau, South America. *Gondwana Landscapes in southern South America*, Springer Earth System Sciences. En: Rabassa, J. and Ollier, C. (Eds.). Springer Dordrecht Heidelberg, 247-303. New York/London.
- Kröhling, D. M., Brunetto, E. y Alcantara, J. 2016. Caracterización sedimentológica y estratigráfica de la Fm. Palo Negro (Pleistoceno tardío) aplicado al análisis de la deformación cuaternaria en Pampa Norte. VII CLS- VII Congreso Latinoamericano de Sedimentología; XV RAS - XV Reunión Argentina de Sedimentología. Libro de Resúmenes: 104.
- Kruck, W., Helms, F., Geyh, M. A., Suriano, J. M., Marengo, H. G. y Pereyra, F. 2011. Late Pleistocene-Holocene history of Chaco-Pampa sediments in Argentina and Paraguay. *Quaternary Science Journal* 60 (1): 188-202. <http://dx.doi.org/10.3285/eg.60.1.13>.
- Lutz, A. I. 1991. Descripción anatómica de *Mimosoxylon* sp. del Plioceno (Formación Ituzaingó) de la Provincia de Corrientes, Argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 22: 3-10.
- MacFadden, B. 2005. Diet and habitat of toxodont megaherbivores (Mammalia, Notoungulata) from the late Quaternary of South and Central America. *Quaternary Research* 64: 113-124.
- Milner, S. C., Duncan, A. R., Whittingham, A. M. y Ewart, A. 1995. Trans-Atlantic correlation of eruptive sequences and individual silicic volcanic units within the Paraná-Etendeka igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 69: 137-157.
- Miño Boilini, A. R., Cerdeño, E. y Bond, M. 2006. Revisión del género *Toxodon* Owen, 1837 (Notoungulata: Toxodontidae) en el Pleistoceno de las provincias

- de Corrientes, Chaco y Santa Fe, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 21 (2): 93-103.
- Morosi, E. y Ubilla, M. 2017. Dietary and palaeoenvironmental inferences in *Neolicaphrium recens* Frenguelli, 1921 (Litopterna, Protheroheriidae) using carbon and oxygen stable isotopes (Late Pleistocene; Uruguay), *Historical Biology*, DOI: 10.1080/08912963.2017.1355914
- Noriega, J. I., Candela, A. M. y Vucetich, M. G. 2006. Nuevos registros de roedores Caviomorpha en la Formación Alvear (Plioceno, Entre Ríos). XXII Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. *Ameghiniana* 43 (4): 48R.
- Orfeo, O. e Iriondo, M. 2010. The megafan of the Paraná River from the Pleistocene to the Present. 18th International Sedimentological Congress, Mendoza (Argentina), 663 pp.
- Orfeo, O., Colombo, F. y Neiff, J. 2014. Desplazamientos laterales del cauce del río Paraná en las cercanías de la ciudad de Corrientes (Argentina) durante el Cuaternario. Características y significado sedimentario. XV Reunión Argentina de Sedimentología. Libro de Resúmenes: 206.
- Patterer, N. I. 2015. Análisis fitolíticos de la Formación San Salvador (Plioceno-Pleistoceno) en la cuenca del río Uruguay, Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72: 332-334.
- Peate, D. W., Hawkesworth, C. J., Mantovani, M. S. M. y Shukowsky, W. 1990. Mantle plumes and flood-basalt stratigraphy in the Paraná, South America. *Geology* 18: 1223-1226.
- Perea, D., Rinderknecht, A., Ubilla, M., Bostelmann, E. y Martínez, S. 2013. Mamíferos y estratigrafía del Neógeno de Uruguay. En: Brandoni, D. y Noriega, J.I. (Eds.), *El Neógeno de la Mesopotamia argentina*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 14: 192-206.
- Rimoldi, H. 1963. Aprovechamiento del río Uruguay en la zona de Salto Grande. Estudio geológico-geotécnico para la presa de compensación proyectada en el Paso Hervidero (provincia de Entre Ríos). I Jornadas Geológicas Argentinas, *Anales* 2: 287-310. Buenos Aires.
- Schmidt, G. I., Reguero, M. A. y Noriega, J. I. 2011. Notoungulata y Litopterna en el Plioceno de Entre Ríos, Argentina. En "Paleontología y Dinosaurios desde América Latina", Calvo, Jorge; Porfiri, Juan Domingo; González Riga, Bernardo; Dos Santos, Doménica eds. EDIUNC (Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina) 223-234 pp. ISBN: 978-950-39-0265-3.
- Soria, M. F. 2001. Los Protheroheriidae (Litopterna, Mammalia), sistemática, origen y filogenia. *Monografías del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 1: 1-167.
- Sprechman P., Fernando, L. A. y Martínez, S. 2000. Estado actual de los conocimientos sobre la Formación Camacho (Mioceno?-superior?), Uruguay. En: Aceñolaza, F. G. y Herbst, R. eds.): *El Neógeno de Argentina*. Serie Correlación Geológica 14: 47-66.
- Tomassini, R. L., Miño Boilini, A. R., Zurita, A. E., Montalvo, C. I., y Cesaretti, N. 2015. Modificaciones fosildiagnéticas en *Toxodon platensis* Owen, 1837 (No-

- toungulata, Toxodontidae) del Pleistoceno Tardío de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 32 (2): 283-292.
- Torsvik, T., Rouse, S. y Labails, C. 2009. A new scheme for the opening of the South Atlantic Ocean and the dissection of an Aptian salt basin. *Geophysical Journal* 177: 1315-1333.
- Ubilla, M., Perea, D., Bond, M. y Rinderknecht, A. 2011. The first cranial remains of the Pleistocene proterotheriid *Neolicaphrium recens* Frenguelli, 1921 (Mammalia, Litopterna): a comparative approach. *Journal of Vertebrate Paleontology* 31: 193-201.
- Veroslavsky, G. y Ubilla, M. 2007. A 'snapshot' of the evolution of the Uruguay River (Del Plata Basin): the Salto depositional sequence (Pleistocene, Uruguay, South America). *Quaternary Science Reviews* 26: 2913-2923.
- Walther, A. M., Mena, M., Brunetto, E., Noriega, J. I., Schmidt, G. I., Ferrero, B. S. y Bonini, R. A. 2013. Nuevos registros paleomagnéticos obtenidos en las Formaciones La Juanita y Punta Gorda en el departamento Diamante, provincia de Entre Ríos, Argentina. II Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina. 25-27 de Septiembre; Diamante, Entre Ríos. *Ameghiniana* 50 (6): Suplemento Resúmenes. R22.
- Zucol A. F., Brea M., Lutz, A. y Anzótegui, L. 2004. Aportes al conocimiento de la paleobiodiversidad del Cenozoico superior del Litoral argentino: Estudios paleoflorísticos. En: F. G. Aceñolaza (Eds.). *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino*, publicación especial. (Coordinador-Editor), INSUGEO, *Misceláneas* 12: 91-102.
- Zucol, A. F. y Brea, M. 2005. Fitólitos: IV. Sistemática de fitólitos, pautas para un sistema clasificatorio. Un caso en estudio en la Formación Alvear (Pleistoceno inferior). *Ameghiniana* 42: 685-704.