

SEDIMENTOLOGIA DE LAS FORMACIONES IRENE Y LA TOMA DEL NEOGENO DE LA CUENCA DE CLAROMECO, BUENOS AIRES

SEDIMENTOLOGY OF THE IRENE AND LA TOMA FORMATIONS FROM THE NEOGENE OF THE CLAROMECÓ BASIN, BUENOS AIRES.

Federico Isla¹, Alejandro Dondas² y Cristian Oliva³

¹ Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata;
fisla@mdp.edu.ar

² Museo Municipal de Ciencias Naturales Lorenzo Scaglia, Plaza España, Mar del Plata; adondas@gmail.com

³ Museo Municipal de Ciencias Naturales Carlos Darwin. Urquiza 123, Punta Alta; cristianoliva78@yahoo.com.ar

RESUMEN

La cuenca de Claromecó se ubica entre los positivos de Tandil y Ventania. La Formación Irene fue definida para el ámbito del sudoeste de esta Pampa Interserrana, Buenos Aires, para margas claras diaclasadas y lajadas que alcanzan 7 m de espesor en la Estación Irene del Ferrocarril General Roca. Estas rocas que comprenden lo que fue denominado "Araucanense" están subyaciendo limos arenosos carbonáticos rojizos que corresponden a sedimentos pampeanos de la Formación La Toma. De acuerdo a los contenidos fosilíferos y la presencia de escorias, estos sedimentos que coronan las lomas han sido equiparados a las Formaciones Monte Hermoso y Chapadmalal. Se postula entonces una edad pliocena para la porción aflorante (superior) de la Formación Irene y para la formación La Toma. El paisaje es de lomas coronadas por limos entoscados.

Palabras claves: *Formación Irene, Formación La Toma, Plioceno, Buenos Aires*

ABSTRACT

The Claromecó Basin is located between the horst of Tandil and Ventania. The Irene formation is defined to the west of the Interserrana ("between ranges") Plain, Buenos Aires Province, for light-coloured carbonatic siltstones with joints that sums 7 m thick at the locality close to Irene Railway Station. These rocks comprising the Araucanense are underlying reddish sandy silts assigned to the Pampean sediments of La Toma Formation. According to the fossiliferous and escoria content, these sediments were similar to those outcropping as Monte Hermoso and Chapadmalal formations. It is therefore assumed a Pliocene age for the upper levels of the Irene Formation, as well as to the La Toma Formation. The hilly landscape is crowned by silt with calcretes.

Keywords: *Irene Formation, La Toma formation, Pliocene, Buenos Aires*

INTRODUCCION

La Formación Irene fue postulada informalmente (Reig 1955) como "*Formación Geológica: Formación Irene, edad Montehermosiana, Plioceno superior...*", a partir de menciones previas de L. Kraglievich (1940b) de una "fáunula Irenense". Reig en realidad sólo pretendía definir una nueva especie de cenolestino (Marsupialia; *Pliolestes tripotamicus*), descubierto por Kraglievich, Parodi y Romero en 1925, en las proximidades de la Estación Oriente. Kraglievich (1940b) había distinguido con cierta precisión los "*terrenos arauco-entrerrianos...recubiertos en muchos sitios por espesos depósitos pampeanos*" conteniendo esta fáunula Irenense.

La Formación Irene fue desde entonces repetidamente citada (Goin *et al.* 1994; Goin y Pardiñas 1996; Verzi y Montalvo 2008), algunas veces con dudas (Vucetich y Verzi 1995; Verzi y Deschamps 1995). Al momento de ubicarla en un esquema estratigráfico fue correlacionada con la Formación Chapadmalal (Pascual *et al.* 1965; Goin *et al.* 1994), con la Formación Monte Hermoso (Pascual *et al.* 1965) y con sedimentos típicamente pampeanos de Bahía Blanca (Verzi y Deschamps 1995; Deschamps 2005). Recientemente, esta formación ha sido motivo de controversia sobre su contenido fosilífero, su edad y sus implicancias bioestratigráficas (Prevosti y

Pardiñas 2009). Desde la postulación del “Irenense”, se admitió que estos sedimentos estaban recubiertos “*por espesos depósitos pampeanos*” (Kraglievich 1940b). Los niveles pampeanos superiores fueron mejores proveedores de restos de mamíferos, y de allí surgieron las erróneas correlaciones con los depósitos de los acantilados de Monte Hermoso y Chapadmalal.

Frenguelli, en su excursión de 1921, no remontó el río Quequén Salado hasta las cascadas de la Estación Irene (Frenguelli 1921, 1928). Este preciso observador propuso la sincronía de Hermosense y Chapadmalense (p. 75) ambos pertenecientes al Pampeano inferior. Ambos pisos fueron considerados “*estratificados en capas irregulares, ambos forman conjuntos horizontales y ambos se comportan de la misma manera frente a las acciones erosivas y deflatorias que afectan su superficie*”. Frenguelli también destacó la similitud en color, consistencia, textura y composición de las rocas. Al momento de enumerar las coincidencias entre ambas unidades “preensenadenses” (Hermosense y Chapadmalense), apuntó:

1. ambas Formaciones tienen escorias (sin evidencias de retrabajo),
2. el color rojizo contrasta con los grisáceos que las cubren, y
3. ambas infrayacen al prebelgranense según una superficie de erosión neta y constante.

En la acalorada discusión del 26 de julio de 1924, L. Kraglievich (en Frenguelli y Outes 1924) admitió que “*entre las faunas hermosense y chapadmalense la diferencia no es muy acentuada pero existe*”, pero en otro momento de la discusión precisó que “*entre las 65 especies de la fauna mamalógica del chapadmalense, ni una sola, según Ameghino y Roveretto, se encuentra en la fauna de Monte Hermoso...*”. Años más tarde, el mismo L. Kraglievich insistió con que “*...la fauna chapadmalense es bien distinta de la hermosense y algo más moderna, aunque mucho más íntimamente relacionada con ella, que con cualquier otra fauna...*” (1940b). Ya en años anteriores, había asegurado que “*no hay razón alguna para sincronizar el chapadmalense y el hermosense...*” (Kraglievich 1923).

Tapia (1935) efectuó un pormenorizado resumen de los afloramientos araucanenses y de los espesores de estos depósitos atravesados en perforaciones. En provincia de Buenos Aires, los describe como areniscas aplacadas contra la margen sur del sistema de Tandilla (Tapia 1937) y sólo aflorantes como las areniscas rionegrenses del partido de Patagones. En el subsuelo, el Araucanense había sido repetidamente atravesado y descrito como areniscas (Tapia 1935). En la perforación de Miramar, Frenguelli y Outes (1924) habían reconocido la transición entre las areniscas araucanenses y los sedimentos pampeanos.

La Formación La Toma, en cambio, fue definida con precisión (Furque 1973, 1979) para las secciones de indudable afinidad al Pampeano, y aflorantes en las hojas 1/200.000 Sierra de Pillahuincó y Coronel Pringles.

En el sudoeste de Buenos Aires existen otros sedimentos más modernos, adosados o coronando las empinadas laderas de valles encajonados. Los sedimentos fluviales del Pleistoceno superior han sido motivo de estudios paleontológicos (Alberdi *et al.* 1988; Tomassini *et al.* 2010) y sedimentológicos (Zavala y Quattrochio 2001). El Holoceno fluvial o “Platense fluvial” (Frenguelli 1921, 1928) ha sido particularmente objeto de estudios diatomológicos.

El presente trabajo distingue litoestratigráfica como sedimentológicamente las Formaciones Irene y La Toma en las cuencas del río Quequén Salado y del arroyo Indio Rico (Fig. 1). A efecto de distinguirlos, también se consideraron los contenidos faunísticos cuya procedencia estratigráfica está asegurada para cada unidad. Se destaca en la zona la presencia de cuevas con estalactitas y estalagmitas que se relacionan a las cascadas de estos cursos fluviales del sudoeste de Buenos Aires.

MÉTODOS Y ZONA DE ESTUDIO

Los datos topográficos fueron obtenidos de las cartas 1/50.000 Irene y Oriente del Instituto Geográfico Nacional. Los perfiles fueron graficados utilizando el programa *Paleontological-Stratigraphic Interval Construction and Analysis Tool* (PSICAT, versión 1.1.8). Se utilizó el modelo digital de terreno (MDT) proporcionado desde el sitio <http://srtm.csi.cgiar.com>. Estos MDT con una resolución espacial de 90 m fueron procesados con el programa Global Mapper v.7.04 (www.globalmapper.com). Así puede reconocerse que la cuenca del río Quequén Salado separa dos sistemas de lomas, las del partido de Tres Arroyos y las del de Coronel Dorrego (Fig. 1). Esta cuenca se ubica en una posición distal de la denominada cuenca de Claromecó (Lesta y Sylwan 2005). En ese sentido, el espesor de Terciario atravesado por la perforación Paragüil es menor que el registrado en los centros de las cuencas del Colorado y del Salado, en las que fue detectada la transgresión miocena como Formaciones Barranca Final (Gerster *et al.* 2011) y Paraná (Raggio *et al.* 2011), respectivamente. Considerando que esta cuenca de Claromecó está conectada a la del Colorado, podemos referir que la transgresión miocena está representada por facies muy costeras en los acantilados de La Lobería, intercaladas entre las arenas medanosas de la Formación Río Negro (Isla y Rivero D’Andrea 1994; Zavala y Freije 2005). En ese sentido, se poseen dataciones que promedian 9.41 millones de años para esa intercalación tortoniana (Zinsmeister *et al.* 1981; Zavala

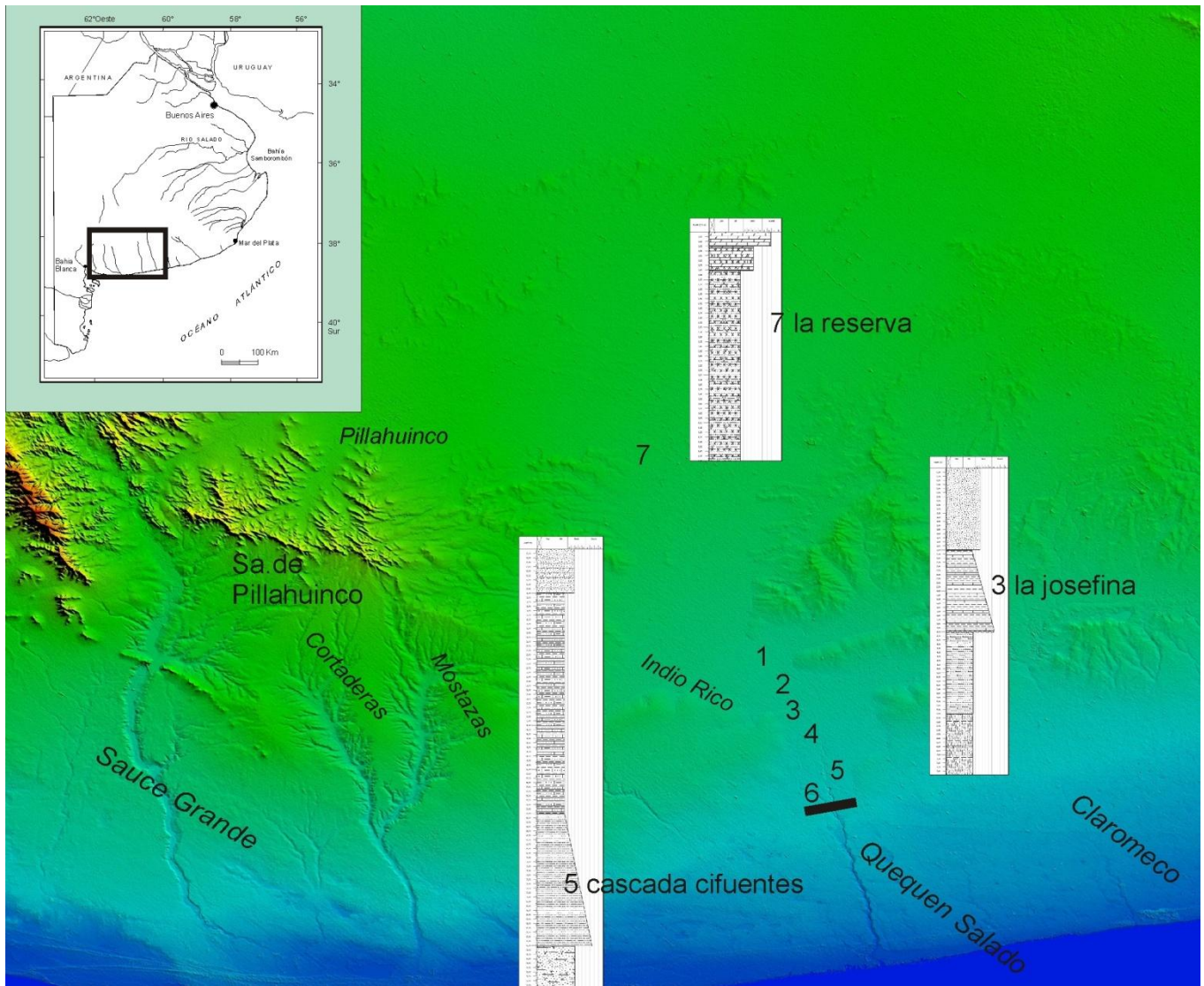


Fig. 1. Modelo digital de terreno de la cuenca del río Quequén Salado, ubicando los sitios de afloramiento de la Formación Irene y perfiles esquemáticos: 1. Puente ruta 85, 2. Estancia La Josefina, 3. Puente FFCC Irene, 4. Cascada de Irene, 5. Cascada Cifuentes, y 6. Cascada del Arroyo Indio Rico. 7. La Reserva. La línea es la traza del perfil de la figura 3.

Fig. 1. Digital terrain model of the Quequén Salado watershed, locating outcrops of the Irene Formation and schematic profiles: 1. Route 85 bridge, 2. Estancia La Josefina, 3. Irene railway bridge, 4. Irene Rapids, 5. Cifuentes Rapids, and 6. Rapids of Arroyo Indio Rico. 7. La Reserva. The line is the track of the profile of figure 3.

y Freije 2005) y de edad pliocena con valores de 4,41 millones de años para el tope de esta Formación Rio Negro (Zavala y Freije 2005). En el continente, el relleno mioceno-plioceno se habría desarrollado según dos cuencas. La del Mioceno superior estuvo limitada por el Macizo de San Rafael, Sierras Pampeanas, Bloque de Chadileuvú y el Positivo Bonaerense, en la que se habrían depositado las Formaciones Huayquerías, Cerro Azul, Arroyo Chasicó, Epecuén, La Norma, Saldungaray e Irene (Folguera y Zárate 2009). La cuenca pliocena habría sido más limitada, comprendiendo el tope de la Formación Rio Negro (limitada a la zona entre los actuales valles de los ríos Colorado y Negro), y las Formaciones de Monte Hermoso y Chapadmalal, de amplia distribución en la Pampa Interserrana.

Los perfiles estratigráficos se basan en información recabada en cortes ubicados principalmente en las cuencas media e inferior del río Quequén Salado. La cuenca superior comprende los partidos de Benito Juárez, Laprida, González Chávez y Coronel Pringles, mientras que el curso inferior del río separa los partidos de Tres Arroyos y Coronel Dorrego. Debido a que en algunos sectores la cuenca fluvial no estaba muy bien definida se practicaron varios canales sobre el río así como en los afluentes, Pillahuinco Grande y Pillahuinco Chico (Marini *et al.*, 2009). A partir del cruce con la ruta 85 (Tres Arroyos-Coronel Pringles) el río corre encajonado en cañones de más de 6 m de profundidad. Este escalón surge claramente del MDT que destaca lomas cuyos núcleos se componen de sedimentos pampeanos entoscados y coronados por tosca (Fig. 1). Las areniscas de la Formación Irene actúan

aún como límite estructural a la erosión fluvial y conforman el nivel resistente que da lugar a las diferentes cascadas.

Con el objeto de diferenciar los afloramientos de Irene de los niveles entoscados pampeanos, se muestrearon diferentes sectores dentro y fuera de la cuenca del río Quequén Salado. Estos depósitos en el tope del paisaje ondulado fueron originalmente denominados *tosca-rock* por Darwin (Zárate y Folguera 2009). En laboratorio las rocas semiconsolidadas fueron atacadas con HCl a fin de evaluar contenido en carbonatos y terrígenos. Posteriormente, los componentes clásticos fueron evaluados en relación a los porcentajes de arenas (> 0,062mm) y fangos; algunas arenas fueron tamizadas cada 0,5 unidades phi. Los resultados fueron graficados espacialmente a través de un sistema de información geográfico (Arc View 3.1) referenciado sobre el MDT antes mencionado. Con el objeto de diferenciar la composición entre cada muestra, se representaron según un diagrama triangular que distingue los porcentajes en carbonatos (sobre muestra total), arena y fango (estos dos últimos de acuerdo a la fracción clástica). Como la estratigrafía del Neógeno bonaerense se ha construido a partir de los contenidos paleontológicos, también se han relacionado los fósiles colectados en la cuenca del Quequén Salado con los registros de los acantilados de Monte Hermoso y Chapadmalal, procurando discriminar los que efectivamente fueron obtenidos de las dos Formaciones objeto de este estudio.

RESULTADOS

Tanto las descripciones de perfiles como los análisis sedimentológicos han sido redactados de acuerdo a las diferentes unidades estratigráficas reconocidas.

1. Formación Irene (Reig 1955)

Litología: La Formación Irene comprende margas (verdosas, azuladas, blanquecinas) y areniscas, que afloran en la base de los cauces del río Quequén Salado y del arroyo Indio Rico desde la ruta 85 (Tres Arroyos-Coronel Pringles) hasta las cascadas al sur de la ruta 3. Localmente se han observado margas masivas, en otros sectores estratificadas. En algunos sectores el techo de esta formación evidencia ondulaciones del orden del metro de longitud de onda que seguramente obedecen a la compactación de la tosca (Fig. 2 A).

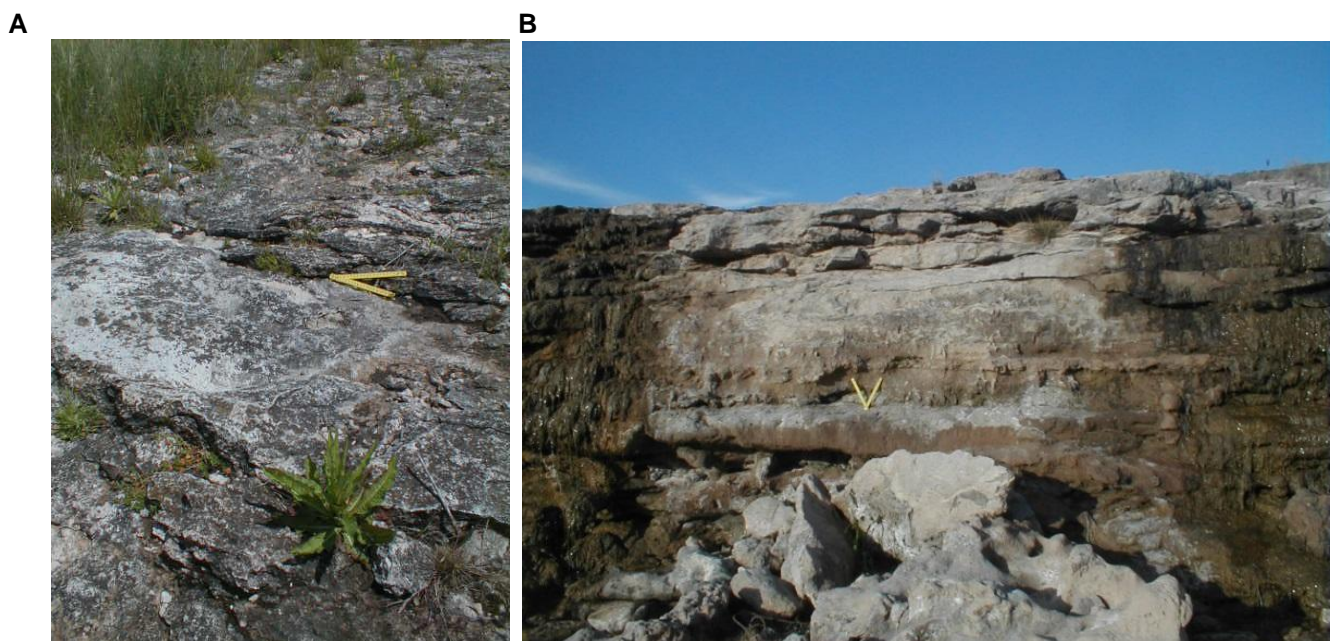


Fig. 2. A) En el puente de la ruta 85, la formación Irene aflora como lajas de margas diaclasadas y levemente plegadas. **B)** Estratos de limos y areniscas carbonáticas lajadas alternan en las cascadas cercanas a la Estación Irene.

Fig. 2. A) At the bridge of Route 85, Irene Formation outcrops as slabs of marls with joints and slightly bended. **B)** Strata of carbonatic siltstones and sandstones are alternating at the rapids of Irene Station.

Afloramientos: Se reconocieron 6 localidades, de norte a sur:

1. Puente del Quequén Salado en la ruta 85 (Tres Arroyos-Cnel. Pringles; 38° 15' 05"S; 60° 44'24"W), donde también constituyen una plataforma estructural con sedimentos limosos pampeanos que la suprayacen. Las margas se disponen en lajas con evidencias de diaclasamiento postdiagenético (Fig. 2A).

2. En las inmediaciones de la estancia La Josefina (38° 22' 23"S; 60° 44' 22"W), existe un puente sobre el río Quequén Salado donde pudo reconocerse la relación entre la Formación Irene y los sedimentos pampeanos que la sobreyacen.
3. En el puente del ferrocarril General Roca cercano a la estación Irene (38° 31' 38"S; 60°36'06"W), aflora como una plataforma estructural muy extendida.
4. Algo más al sur, en las cascadas del canal practicado en las inmediaciones de Irene (38° 32' 40"S; 60°36'37"W), esta formación logra mayor espesor (7 m). Las margas (Fig. 2B) son cubiertas por limos poco consolidados depositados como ambientes fluviales durante tiempos lujanenses.
5. En la cascada Cifuentes (38°37' 39"S; 60°36'18"W) se muestreó una limolita carbonática, cuya composición es 60% pelitas, 30% carbonatos y 10% arena muy fina (Fig. 3).
6. En la cascada del arroyo Indio Rico (localidad también denominada "El Paso"; 38°37' 37"S; 60°39'15"W), la formación Irene constituye plataformas estructurales en los remansos del arroyo (Fig. 3).

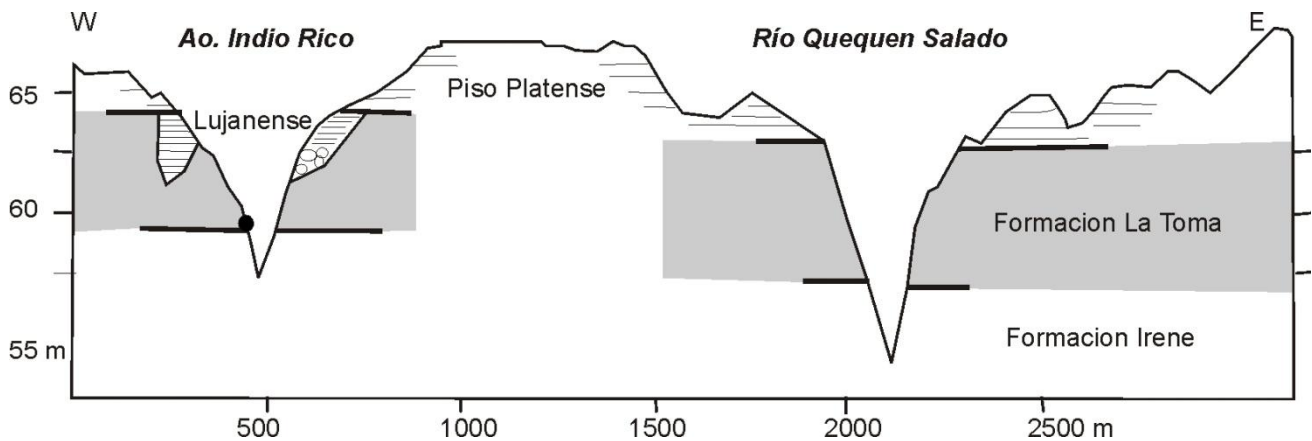


Fig. 3. Perfiles comparados entre las cascadas del Arroyo Indio Rico y del Río Quequén Salado en vecindades de Cascada Cifuentes. Las diferencias en altura son explicadas por la topografía original.

Fig. 3. Comparative profiles across the Indio Rico creek and the Quequén Salado river close to Cifuentes Rapids. Different levels are explained by topographic differences.

Localidad tipo: Se propone en la cascada del río Quequén Salado ubicada al sur del puente de FFCC de Micaela Cascallares a Irene, que denominamos Cascada Irene. En esta localidad se reconoció un nivel en que la arena (47%) supera los porcentajes de carbonato y fangos (Tabla 1). En otros sectores del oeste de la Pampa Interserrana los toques de las lomas están compuestos de rocas carbonáticas limosas con escasa arena (Fig. 4).

Localidad	Lat	Lon	% Carbonatos	% arenas	% Limo+arcilla
Cantera 3A ^o - Pringles	38,28	60,58	67,85	13,67	18,68
Puente Ruta 85	38,25	60,74	61,77	8,32	29,91
Loma Indio Rico	38,08	61,10	65,73	7,73	26,54
La Josefina	38,38	60,74	70,06	2,50	27,44
Ea. La Reserva	37,81	61,21	72,54	2,16	26,26
Pillahuincó – Indio Rico	38,28	61,04	83,37	5,86	10,50
La Esperanza	38,27	60,68	88,66	1,91	9,45
Las Oscuras	38,76	61,72	76,28	4,31	19,12
Ao. Quiñigual	37,86	61,36	69,20	7,86	22,98
Cascada Irene (arenoso)	38,54	60,60	8,88	47,79	43,75

Tabla 1. Porcentajes de carbonato, arena y fango de rocas muestreadas en la región, con detalle de sus coordenadas geográficas.

Table 1. Percentages of carbonate, sand and mud of rocks sampled at the region, with geographic coordinates.

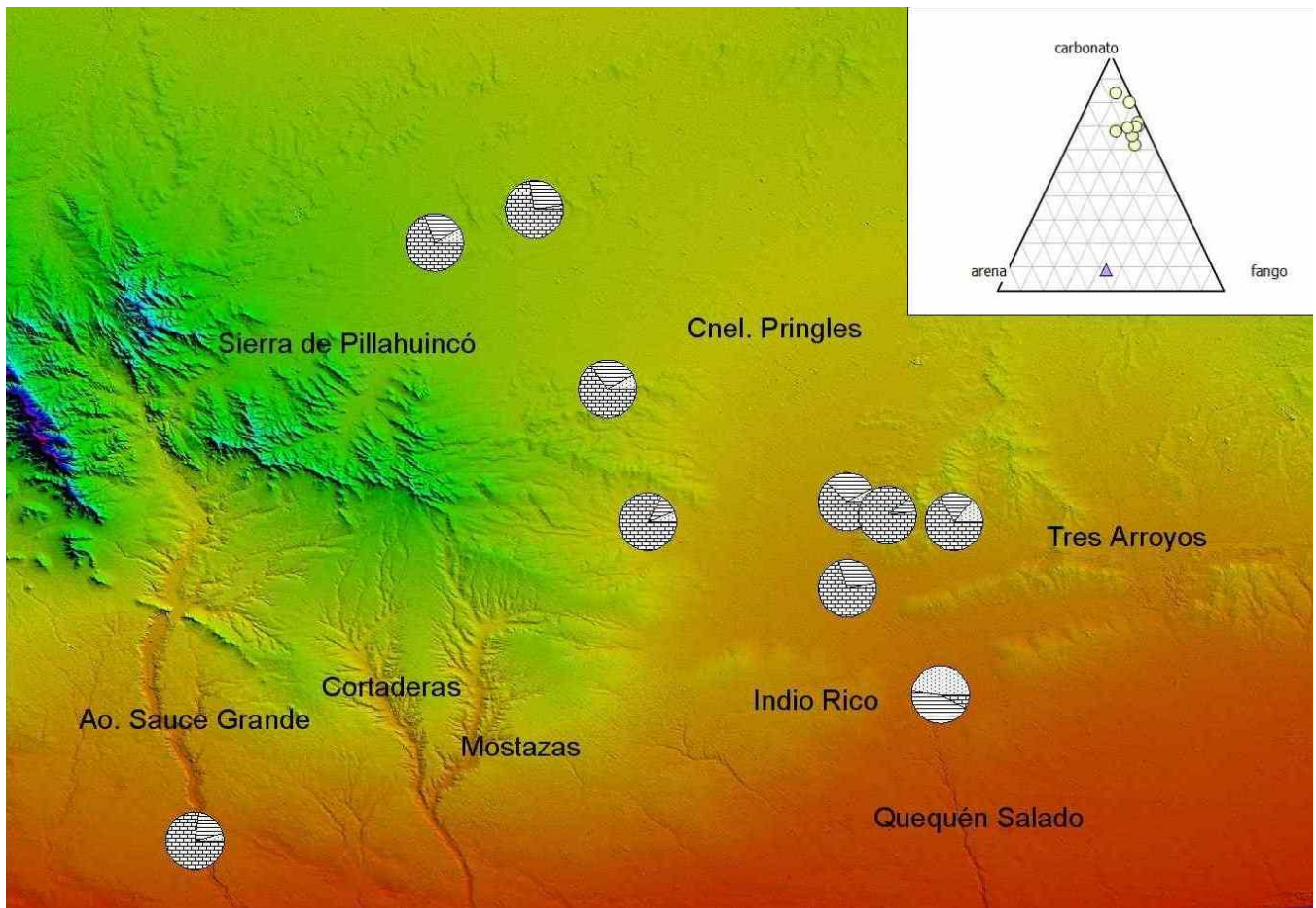


Fig. 4. Modelo digital de terreno con resultados de los análisis sedimentológicos de acuerdo al contenido de carbonato, arena y fango (limo + arcilla). En el triángulo composicional se diferencian rocas de las Formaciones Irene (triángulo) y La Toma (círculos).

Fig. 4. Digital Terrain Model with results from sediment analyses in regard to the content of carbonate, sand and mud. At the inset triangle the rocks of the Irene Formation (triangle) are discriminated from the rocks of La Toma Formation (circles).

Espeor: En la cascada Irene afloran más de 7 m de la formación homónima.

Contenido faunístico: Kraglievich (1940 a) describió con detalles un fémur de megaterio (*Megatherium isthilariti*) y una rama mandibular de un pronotroterio (*Pronohroterium parodii*) muestreados en los sedimentos de la base del valle encajonado del río Quequén Salado, distinguiendo estos niveles de los sedimentos pampeanos que los cubren. Además pudo identificar para los sectores basales del cauce del Quequén Salado, los restos de un caparazón de *Plohophorus figuratus*, entre la Cascada Cifuentes y la ruta 3.

Yacencia: No fue posible reconocer en el campo la base de esta Formación Irene. Su techo está cubierto por limos rojizos con abundantes restos de mamíferos, en algunos sectores conformando brechas, y que han sido mapeados tanto en la hoja Pillahuincó (Furque 1973) como en la de Coronel Pringles (Furque 1979).

Ambiente de depositación: El araucanense es conocido como dominado por facies eólicas muy extendidas en las provincias de La Pampa y Mendoza (Tapia 1935), y como depósitos de médanos transversales en los acantilados de Río Negro y sur de Buenos Aires (Rionegrense). En los niveles superiores del sudoeste de Buenos Aires, la Formación Irene se define como correspondiente a ambientes subaéreos con escasos niveles fluviales.

Edad: Se propone una edad mayor a Plioceno inferior por infrayacer los sedimentos montehermosenses (chapadmalalenses). A su vez, se considera que es una variación facial de las areniscas rionegrenses pliocenas perforadas en el subsuelo de los partidos de Bahía Blanca, Médanos y Patagones. Esta formación Río Negro fue datada en 9.41 millones de años AP como promedio de tres dataciones $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ obtenidas de una tufa de 2 m de espesor en el tope de los acantilados de Punta Craker (Golfo Nuevo, Chubut; Zinsmeister *et al.* 1981). No

obstante, otro nivel de vidrio riolítico (libre de material terrígeno) fue muestreado cerca del tope de las barrancas del Río Negro en Carmen de patagones. En este caso la datación por trazas de fisión dio una edad de 4.41 ± 0.5 Ma indicando una edad pliocena para esta ceniza intercalada en un nivel fluvio palustre (Bigazzi *et al.* 1995; Alberdi *et al.* 1997; Zavala y Freije 2005). La Formación Saldungaray comprende desde limos rojizos loesoides a estratos arenosos hacia la base que fueron asignados al rionegrense en la perforación de Saldungaray. Se le asignó una edad pliocena aunque algunos niveles serían del Pleistoceno (Furque 1973). Es por estas características contradictorias o confusas de la Formación Saldungaray que se ha preferido mantener el nombre original de Formación Irene que está perfectamente definida en la localidad tipo. La presencia de restos de *Xenodontomis ellipticus* ha inducido a postular una edad Huayqueriense (Mioceno superior) correlacionándola con otras formaciones de la Pampa (Verzi y Deschamps 1995; Deschamps 2005; Verzi y Montalvo 2008; Quattrocchio *et al.* 2008). Como esta sucesión evolutiva de roedores en que se postulaban estas edades ha sido cuestionada (Prevosti y Pardiñas 2009), se considera más plausible la edad pliocena en relación al nivel superior de arenas datadas de la Formación Río Negro.

2. Formación la Toma (Furque 1973)

Existen varias denominaciones que se han utilizado en la región para los limos rojizos pampeanos. Por ejemplo, la Formación Monte Hermoso es sin duda la más conocida, aunque ha sido objeto de discusiones acerca de si constituye una única unidad (Zavala y Navarro 1993; Tomassini *et al.* 2013) o dos diferenciadas como Monte Hermoso típica y pampeana (Bonaparte 1960; Cione y Tonni 1995). La Formación La Toma fue definida para sedimentos pampeanos extendidos tanto al pie de la Sierra Pillahuinco como en las proximidades de Coronel Pringles (Furque 1973, 1979). La porción superior de la Formación Saldungaray fue definida como de limos loesoides pardo rojizos aflorantes en las barrancas del río Sauce Grande pero que en profundidad se continúan con areniscas rionegrenses, alcanzando un espesor de 335 m (Furque 1973; Rabassa 1989). Se ha preferido entonces utilizar la unidad estratigráfica La Toma para evitar confusión respecto a las diferentes acepciones de la Formación Monte Hermoso, y la extensa edad y espesor atribuido a la Formación Saldungaray.

Litología: Está compuesta por limos arenosos rojizos. Estos sedimentos pampeanos se inician con brechas y gravas en la Cascada Cifuentes (Fig. 5) y en los rápidos del puente de la ruta 85. En la cascada del Indio Rico los limos gruesos tienen un valor medio de 4,4 unidades phi, con un 20% de arena muy fina (desvío estándar 1,94). Se describieron niveles con escorias y tierras cocidas, y cuevas pequeñas rellenas en el perfil de Cascada Cifuentes.

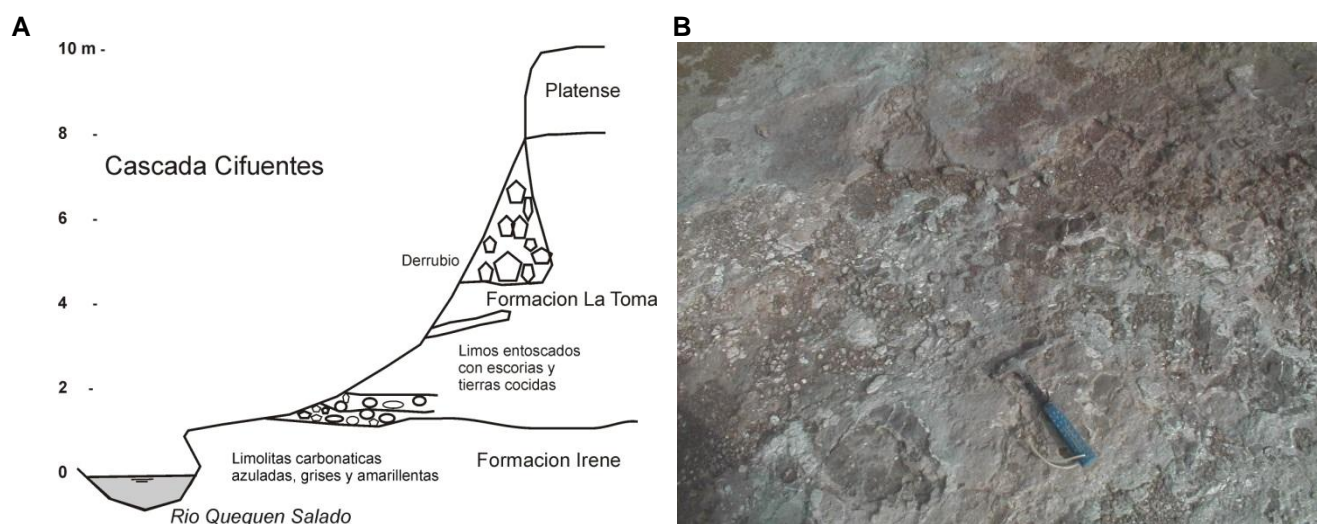


Fig. 5 A) Perfil esquemático de la Cascada Cifuentes. **B)** Brechas y gravas de la base de la Formación La Toma.
Fig. 5 A) Sketch of the profile of the Cifuentes Rapids. **B)** Lag breccia and gravel at the base of the La Toma Formation.

Afloramientos: Se reconoce en 4 localidades donde también aflora la Formación Irene (río Quequén Salado y arroyo Indio Rico) y en cortes del río Sauce Grande.

Localidad tipo: De acuerdo a la descripción original, la localidad tipo se ubica en las barrancas del lago de La Toma, 15 km al SE de Saldungaray (Furque 1973).

Espesor: En esa localidad tipo alcanza 14 m, aunque Furque (1973) le asigna 40 m. En las cascadas en los cursos fluviales Quequén Salado e Indio Rico, estos sedimentos no superan los 5 m.

Contenido faunístico: La fauna de mamíferos exhumada en las localidades de Cascada Cifuentes (Quequén Salado) y El Paso (Indio Rico) indica una edad pliocena (Montehermosense – Chapadmalalense) ya manifestadas por otros autores (Goin *et al.* 1994).

Yacencia: En las cascadas de los cursos de agua (Quequén Salado, Indio Rico), estos afloramientos permiten observar el límite entre los terrenos araucanenses y los pampeanos. La secuencia se inicia con brechas y gravas en la Cascada Cifuentes (Fig. 4) y en los rápidos del puente de la ruta 85.

Ambiente de depositación: Estos sedimentos pampeanos se depositaron en condiciones subaéreas evidenciadas por la presencia de paleocuevas (crotovinas) de pequeñas dimensiones en una planicie fluvial (Fig. 5), y con facies subáreas efímeras (paleocanales) o permanentes (facies de *point bars*).

Tectónica: En la hoja Coronel Pringles, la Formación La Toma fue ascendida según bloques (Furque 1979). Estas fallas de alto ángulo han sido graficadas entre Ventania y Coronel Pringles (Lesta y Sylwan 2005). Esta tectónica también es evidente por los sistemas de lomadas que se disponen tanto al oeste como al este del cañón del río Quequén Salado (Fig. 1).

3. Cuaternario (Lujanense y Platense)

Los valles encajonados del río Quequén Salado y del arroyo Indio Rico cortan depósitos pleistocenos lujanenses y holocenos platenses (Fig. 3). Los depósitos pleistocenos han dado restos asignables a la edad-mamífero Lujanense (Alberdi *et al.* 1988). Mientras los sedimentos lujanenses se dan como rellenos de cauces, con gravas de tosca en la base y laminados hacia el tope (Fig. 3), los platenses evidencian depósitos más extendidos, bien estratificados, que dominan los topes de las secuencias y terminaron de rellenar los cauces hasta las cotas de agradación de esta llanura ondulada (Frenguelli 1928). Se supone que las estalactitas y estalagmitas de los cauces del Quequén Salado e Indio Rico se originaron durante el Cuaternario pero no se ha podido precisar desde cuando.

DISCUSIÓN

La asignación de una edad huayqueriense para la Formación Irene se basó en fósiles muestreados en sedimentos aflorantes en Paso del Médano, Cascada Cifuentes, Irene y otros perfiles del arroyo Indio Rico y río Quequén Salado (Goin y Pardiñas 1996; Prevosti y Pardiñas 2009). Sin embargo, al no estar definidos con precisión los perfiles muestreados, no es posible distinguir si los restos de vertebrados provienen de las sedimentitas lajadas de la base o de los limos pampeanos que las sobreyacen. La estratigrafía de la región fue definida por contenidos fosilíferos de dudosa procedencia que originaron sesgos y confusiones. Se estableció así una estratigrafía basada exclusivamente en las capas portadoras de fósiles soslayando los espesores de sedimento atravesados en perforaciones. La mayor importancia de los afloramientos de las cascadas de Irene es el registro de la transición del Araucanense al Pampeano. Si bien algunos atribuyen los afloramientos de Monte Hermoso y Chapadmalal como cronoestratigráficamente pertenecientes al Araucanense (Kraglievich 1940a), litoestratigráficamente se reconoce una superposición de la serie pampeana mayormente limosa, sobre la serie araucana mayormente arenosa, y reconocida principalmente en las perforaciones de Pedro Luro, Arroyo El Durazno y Ojo de Agua (Frenguelli 1921; Frenguelli y Outes 1924; Tapia 1935, 1937). Es indudable que los 57 m de espesor de sedimentos pampeanos sumados por J. L. Kraglievich (1952) en los acantilados al sur de Mar del Plata, están condensados en esta región de cascadas del sudoeste de la Pampa Interserrana. En la perforación del arroyo El Durazno (General Alvarado) se atravesaron 95 m de areniscas pliocenas por debajo de la Formación Chapadmalal (Frenguelli y Outes 1924). El Araucanense arenoso fue identificado con precisión en las perforaciones efectuadas entre las sierras de La Vigilancia y La Peregrina (Tapia 1937). En la perforación 3 de Villarino, en campos de don Pedro Luro, se describieron unos 120 m de areniscas azules correspondientes al rionegrense sobre unos 150 m de arcillas verdes con niveles de yeso y conchillas (descripción en archivo del SEGEMAR).

Las escorias de las cascadas podrían corresponder al nivel datado de la Formación Chapadmalal (Schultz *et al.* 1998), y la brecha por debajo marca el límite entre la serie araucanense y pampeana (Fig. 5 A).

La Formación Monte Hermoso siempre se consideró de edad semejante o más vieja que la Formación Chapadmalal (J. L. Kraglievich 1952) que fue datada en su porción superior en 3.3 Ma (Schultz *et al.* 1998). La datación de 1.7 ± 0.4 Ma de una ceniza del tope de la Formación Monte Hermoso (Bigazzi *et al.* 1996) ha llevado a proponer que la Formación Puerto Belgrano, originalmente considerada del Pleistoceno superior ("Belgranense", según Zavala 1993; Zavala y Navarro 1993) fuera reconsiderada como del Pleistoceno inferior (Zavala y

	Monte Hermoso cliffs (1)	Quequén Salado River (2)	Chapadmalal cliffs (3)
Lujanense		<i>Sclerocalyptus sp</i> <i>Scelidotherium leptocephalum</i> <i>Lestodon sp</i> <i>Lama guanicoe</i> <i>Eqqus (Amerhippus) cf. curvidens</i> <i>Elygmodontia typus</i> <i>Reithrodon auritus</i> <i>Microcavia australis</i> <i>Ctenomys sp</i>	
Pampeano	<i>Argyrolagus sp</i> <i>Didelphis sp.</i> <i>Hyperdidelphis inexpectata</i> <i>Paradidelphis sp</i> <i>Cladodidelphis sp</i> <i>Sparassocynus sp</i> <i>Plohophorus sp.</i> <i>Urotherium sp</i> <u><i>Trigodon gaudryi</i></u> <u><i>Proscelidodon patrius</i></u> <i>Scelidodon sp</i> <i>Pithanotomys columnaris</i> <u><i>Eumysops sp.</i></u> <u><i>Actenomys priscus</i></u> <i>Eucoelophorus sp</i> <i>Palaeocavia impar</i> <i>Orthomyctera sp</i> <u><i>Neocavia depressidens</i></u> <i>Cavidon sp</i> <i>Microcavia sp.</i> <i>Paradolichotis sp</i> <u><i>Protohydrochoerus sp</i></u>	<i>Argyrolagus sp.</i> <i>Pliolestes tripotamicus</i> <i>Hyperdidelphis inexpectata</i> <i>Ringueletia sp</i> <i>P. figuratus</i> <i>Urotherium sp.</i> <i>Pithanotomys columnaris</i> <i>Actenomys priscus</i> <i>Paleocavia impar</i> <i>Neocavia sp.</i> <i>Dolicavia minuscula</i> <i>Microcavia sp</i>	<i>Microtragulus erigi</i> <i>Argyrolagus scagliai</i> <i>Lutreolina tracheia</i> <i>Tylophrops chapadmalensis</i> <i>Didelphis reigi</i> <i>Didelphis crucialis</i> <i>Hyperdidelphis inexpectata</i> <i>Thylatherium cristatum</i> <i>Thylacosmilus atrox</i> <i>Sparassocynus derivatus</i> <i>Doellotatus chapalmalensis</i> <i>Macrochorobates chapadmalensis</i> <i>Chorobates recens</i> <i>Macroeufractus retusus</i> <i>M. outesi</i> <i>Plaina intermedia</i> <i>Ringueletia simpsoni</i> <i>Tolypeutes sp</i> <i>Pampatherium sp.</i> <i>Chaetophractus villosus</i> <i>Zaedyus pichiy</i> <i>Plohophorus sp.</i> <i>P. figuratus</i> <i>Plohophoroides conterminus</i> <i>Urotherium sp.</i> <i>U. simplex</i> <i>Trachycalyptus chapadmalensis</i> <i>Paraglyptodon chapadmalensis</i> <i>Pronototherium typicum</i> <i>Diheterocnus sanmartini</i> <i>Plesiomegatherium sp.</i> <i>Proscelidodon patrius</i> <i>Glossotherium chapadmalense</i> <i>Scelidotherium parodii</i> <i>Akodon kermacki</i> <i>Reithrodon auritus</i> <i>Graomys dora</i> <i>Dankomys simpsoni</i> <i>Eumysops sp.</i> <i>Actenomys sp.</i> <i>Pithanotomys chapadmalensis</i> <i>Actenomys priscus</i> <i>Eucoelophorus chapadmalensis</i> <i>Paramyocastor diligens</i> <i>Palaeocavia chapadmalense</i> <i>Orthomyctera sp.</i> <i>Neocavia depressidens</i> <i>Cavidon australis</i> <i>Dolicavia minuscula</i> <i>Cardiomys australis</i> <i>Microcavia chapadmalensis</i> <i>Dolichotis sp.</i> <i>Protohydrochoerus perturbidus</i> <i>Chapalmatherium novum</i> <i>Telicomys gigantissimus</i> <i>Lagostomus sp.</i>

La comparación de la fauna reconocida en los sedimentos pampeanos de las cascadas reúne algunas similitudes con las de Monte Hermoso y Chapadmalal (Tabla 2). Considerando los contenidos faunísticos de Monte Hermoso y Chapadmalal, se ha intentado diferenciarlos (Prado y Ortiz Jaureguizar 1989). Cione y Tonni (1995) propusieron 3 biozonas para el Plioceno inferior y medio.

1. la biozona de *Trigodon gaudryi*.
2. la de *Neocavia depressidens*, y
3. la de *Paraglyptodon chapadmalensis*.

La primera es de edad montehermosense, mientras que 2 y 3 son de edad chapadmalense inferior y superior. 1 y 2 fueron definidas para las barrancas de Monte Hermoso, mientras que la tercera sería exclusiva de los acantilados de Chapadmalal (Cione y Tonni 1995). Para el SO de la provincia de Buenos Aires, Deschamps (2005) reconoce una única biozona pliocena compuesta por *Actenomys priscus*, *Plohophorus cuneiformes*, *Promachrauchenia* y *Pseudotypotherium*. Sin embargo, reconoce una biozona más antigua conteniendo restos de *Xenodontomys ellipticus* que asigna al Mioceno tardío (Huayqueriense), pero dentro de limos arenosos rojizos pampeanos (Deschamps 2005). En el presente trabajo, se ha desechado una edad tan vieja para las porciones inferiores del Pampeano ya que ello implicaría hacer aún más vieja la Formación Irene, llevando la totalidad de la infrayacente Formación Río Negro a edades también miocenas y desechando las edades pliocenas de la Formación Río Negro superior (Alberdi *et al.* 1997; Zavala y Freije 2005). La presencia de *Plohophorus*, *Ringueletia*, *P. typicum* y *Neocavia* no hacen más que confirmar nuevamente la edad Montehermosense - Chapadmalalense para los limos arenosos de Cascada Cifuentes, evidenciada además por la asociación: *Hyperdidelphys inexpectata* - *Hyperdidelphys parvula* - *Paedotherium bonaerense* - *Actenomys*.

Los modelos digitales de terreno lograron demostrar que el sistema de lomadas entre Ventania y Coronel Pringles se vincula a los depósitos pleistocenos elevados mencionados por Furque (1979) que también mencionan Lesta y Sylwan (2005) para el subsuelo de la cuenca de Claromecó.

CONCLUSIONES

1. La Formación Irene está compuesta de margas y areniscas carbonáticas (azuladas, blanquecinas) que contienen restos de *Plohophorus figuratus*. En virtud de la falta de precisión estratigráfica, no es posible asegurar si los restos de megamamíferos (*Megatherium* y *Pronothrotherium*) descritos por Kraglievich, y del marsupial *Pliolestes* (cenoléstido) descrito por Reig, provienen efectivamente de la Formación Irene.
2. Por encima de la Formación Irene se ubican limos arenosos rojizos de afinidad pampeana que corresponden a la Formación La Toma. Los contenidos faunísticos de estos limos, así como la presencia de escorias, inducen a asignarle edades Montehermosenses - Chapadmalalenses.
3. La presencia de lomas en cuyos topes afloran las sedimentitas entoscadas pliocenas confirman una tectónica cuaternaria de bloques fallados en las cabeceras de la cuenca de Claromecó mencionados por otros autores.

Agradecimientos: Vicente Di Martino participó del manuscrito original. Lamentablemente su deceso hace unos años ha impedido su participación en esta nueva versión. Los autores quieren manifestar su profundo agradecimiento para con Vicente que estuviera a cargo del Museo Municipal de Ciencias Naturales de Monte Hermoso durante muchos años. Nora Cabaleri (CONICET, INGEIS) describió los estromatolitos muestreados en las cascadas del Quequén Salado. Dos revisores anónimos solicitaron precisiones que ayudaron a mejorar el manuscrito y evitar interpretaciones erróneas.

REFERENCIAS

- Alberdi, M. T., Menegaz, A. N., Prado, J. L. y E. P. Tonni, 1988. La Fauna local Quequén Salado- Indio Rico (Pleistoceno tardío) de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Aspectos paleoambientales y bioestratigráficos. *Ameghiniana* 25 (3): 225-236.
- Alberdi, M. T., Bonadonna, F. P. y E. Ortiz, 1997. Chronological correlation, paleoecology and paleogeography of the Late Cenozoic South American Rionegran land-mammal fauna: a review. *Revista Española de Micropaleontología* 12: 249-255.
- Bigazzi, G., Bonadonna, F. P., Leone, G. y Zanchetta, G., 1995. Primeros datos geoquímicos y geocronológicos a partir de algunas cineritas del área bonaerense. En Alberdi, M. T., Leone, G. and Tonni, E. P. (eds.) Evolución biológica y climática de la región pampeana durante los últimos cinco millones de años. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales 12, Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Madrid, 107-118, España.
- Bigazzi, G., Bonadonna, F. P. y P. Zanchetta, 1996. Farola Monte Hermoso: fission-track dating of Darwin's mammals deposit in Argentina. *Journal of Quaternary Science* 11: 423-426.

- Bonaparte, J. F., 1960. La sucesión estratigráfica de Monte Hermoso (Prov. de Bs. Aires). *Acta Geológica Lilloana* 111:273-287.
- Cione, A. L. y E. P. Tonni, 1995. Bioestratigrafía y cronología del Cenozoico Superior de la región pampeana. En Alberdi, M. T., Leone, G. and Tonni, E. P. (eds.) *Evolución biológica y climática de la región pampeana durante los últimos cinco millones de años. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales 12*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Madrid, 49-74, España.
- Deschamps, C. M., 2005. Late Cenozoic mammal bio-chronostratigraphy in southwestern Buenos Aires Province, Argentina. *Ameghiniana* 42(4): 733-750.
- Folguera, A. y M. Zárate, 2009. La sedimentación Neógena continental en el sector extrandino de Argentina Central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64 (4): 692-712.
- Frenguelli, J., 1921. Los terrenos de la costa atlántica en los alrededores de Miramar y sus correlaciones. *Boletín Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, 24, 325-485.
- Frenguelli, J., 1928. Observaciones geológicas en la región costanera sur de la Provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias de la Educación. *Anales II*, 145 pp., Santa Fe.
- Frenguelli, J. y F. F. Outes, 1924. Posición estratigráfica y antigüedad relativa de los restos de industria humana hallados en Miramar. *Physis* 26: 277-398.
- Furque, G., 1973. Descripción geológica de la hoja 34n, Sierra de Pillahuincó, Provincia de Buenos Aires. Secretaría de Minería, Servicio Nacional Minero Geológico, *Boletín* 141, 70 pp, Buenos Aires.
- Furque, G., 1979. Descripción geológica de la hoja 33n, Coronel Pringles, Provincia de Buenos Aires. *Boletín* 174, Secretaría de Minería, Servicio Nacional Minero Geológico: 30 pp, Buenos Aires.
- Gerster, R., Welsink, H. Ansa, A. y F. Raggio, 2011. Cuenca de Colorado. En Kozlowsky, E., Legarreta, L., Boll, A. y Marshall, P. (eds.) *Simposio Cuencas Argentinas. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, IAPG, 65-80, Mar del Plata.
- Goin, F. J. y U. F. J. Pardiñas, 1996. Revisión de las especies del género *Hyperdidelphis* Ameghino, 1904 (Mammalia, Marsupialia, Didelphidae). Su significación filogenética, estratigráfica y adaptativa en el Neógeno del cono sur sudamericano. *Estudios Geológicos* 52: 327-359.
- Goin, F. J., Pardiñas, U. F. J. y M. J. Lezcano, 1994. Un Nuevo resto de cenolestido *Pliolestes Reig* 1944 (Mammalia, Marsupialia) del Plioceno de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Ameghiniana* 31(1):15-22.
- Isla, F. I. y I. Rivero D'Andrea, 1993. Procesos retro-tafonómicos en secuencias costeras poco profundas. *Revista Pesquisas, Univ. Fed. Rio Grande do Sul* 20 (2): 90-95, Porto Alegre.
- Isla, F. I., Rutter, N., Schnack, E. J. y M. A. Zárate, 2000. La transgresión Belgranense en Buenos Aires. Una revisión a cien años de su definición. *Revista Cuaternario y Ciencias Ambientales, Publ. Especial* 4: 3-14.
- Kraglievich, J. L., 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Provincia de Buenos Aires. *Revista Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradicional*, 1 (1): 8-37, Mar del Plata.
- Kraglievich, L., 1923. Descripción comparada de los cráneos de *Scelidodon rothi* Ameghino y *Scelidotherium parodii* n. sp. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires* 33:57- 103.
- Kraglievich, L., 1940a. Cuatro nuevos gravígrados de la fauna araucana Chapadmalalense. *Obras de Geología y Paleontología, Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, Tomo I, XXIV*: 427-444, La Plata.
- Kraglievich, L., 1940b. La antigüedad Pliocena de las faunas de Monte Hermoso y Chapadmalal deducidas de su comparación con las que le precedieron y sucedieron. *Obras de Geología y Paleontología, Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, Tomo III, XXIV*, 295-433, La Plata.
- Lesta, P. y C. Sylwan, 2005. Cuenca de Claromecó. En Chebli, G. A., Cortiñas, J. S., Spalletti, L. A., Legarreta, L. y Vallejo, E. L. (eds.) *Frontera Exploratoria de la Argentina. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, IAPG, Mar del Plata, 217-231.
- Marini, M. F., Schillizi, R. y M. C. Piccolo, 2009. Carta hidrogeomorfológica de la cuenca superior de los arroyos Pillahuincó Grande y Pillahuincó Chico, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 42: 71-80, Santiago, Chile.
- Oliva, C. G., Di Martino, V., Dondas, A. y F. Isla, 2010. Paleontología y bioestratigrafía del Neógeno de la cuenca del río Quequén Salado, provincia de Buenos Aires. *Congreso Asociación Paleontológica Argentina*, Buenos Aires.
- Pascual, R., Ortega Honojosa, E. J., Gondar, D. y E. P. Tonni, 1965. Las edades del Cenozoico mamífero de la Argentina, con especial atención a aquellas del territorio bonaerense. *Anales Comisión de Investigaciones Científicas Buenos Aires*, 6:165-193.
- Prado, J. L. y E. Ortiz Jaureguizar, 1989. La edad-mamífero Chapadmalalense: su validez en base a la comparación de su fauna con las edades que le precedieron y sucedieron. *VI Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*: 35-38.
- Prevosti, F. J. y U. F. J. Pardiñas, 2009. Comment on "The oldest South American Cricetidae (Rodentia) and Mustelidae (Carnivora): Late Miocene faunal turnover in central Argentina and the Great American Biotic Interchange" by D.H. Verzi and C.I. Montalvo [*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 267 (2008) 284-291]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 280:543-547.

- Quattrocchio, M. E., Borromei, A. M., Deschamps, C. M., Grill, S. C. y C. A. Zavala, 2008. Landscape evolution and climate changes in Late Pleistocene-Holocene, southern pampa (Argentina). Evidence from palynology, mammals and sedimentology. *Quaternary International* 181:123-138.
- Rabassa, J. 1989. Geología de los depósitos del Pleistoceno Superior y Holoceno en las cabeceras del río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires. 1º Jornadas Geológicas Bonaerenses. Actas, Tandil, 765-790.
- Raggio, F. Gerster, R. y H. Welsink, 2011. Cuencas del Salado y Punta del Este. En Kozlowsky, E., Legarreta, L., Boll, A. y Marshall, P. (eds.) Simposio Cuencas Argentinas. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, Mar del Plata, 81-96.
- Reig, O. A., 1955. Un nuevo género y especie de cenolestinos del Plioceno de la Provincia de Buenos Aires (República Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 10(1): 60-71.
- Schultz, P. H., Zárate, M., Hames, W., Camilión, C. y J. King, 1998. A 3.3-Ma impact in Argentina and possible consequences. *Science* 282: 2061-2063.
- Straccia, P. C., Pardiñas, U. F. J., y M. Lezcano, 1991. Dos nuevos registros de Argyrolagidae (mammalia, Masupialia) para el Plioceno tardío de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Ameghiniana* 28(3-4): 412-413.
- Tapia, A., 1935. Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas. Dirección de Minas y Geología, Boletín 40: 124 pp., Buenos Aires.
- Tapia, A., 1937. Las cavernas de Ojo de Agua y Las Hachas. Dirección de Minas y Geología, Boletín 43: 122 pp, Buenos Aires.
- Tomassini, R. L., Montalvo, C. I., Manera, T. y C. Oliva, 2010. Estudio tafonómico de los mamíferos pleistocenos del yacimiento de Playa del Barco (Pehuen Co), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 47 (2): 137-152.
- Tomassini, R. L., Montalvo, C. I., Deschamps, C. M. y T. Manera, 2013. Biostratigraphy and biochronology of the Monte Hermoso Formation (Early Pliocene) at its type locality, Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 48: 31-42.
- Tonni, E. P., Prado, J. L., Fidalgo, F. y J. H. Laza, 1992. El piso/edad Montehermosense (Plioceno) y sus mamíferos. III Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas, 113-118, La Plata.
- Verzi, D. H. y C. M. Deschamps, 1995. Presencia de roedores ctenómidos del género *Xenodontomys* (Caviomorpha, Octodontidae) en el Plioceno de Loma Sarmiento (Bahía Blanca, Prov. De Buenos Aires). Actas IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses 1: 47-53, Junín.
- Verzi, D. H. y C. I. Montalvo, 2008. The oldest South American Cricetidae (Rodentia) and Mustelidae (Carnívora): Late Miocene faunal turnover in central Argentina and the Great American Biotic Interchange. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 267: 284–291
- Vizcaíno, S. F., Fariña, R. A., Zárate, M. A., Bargo, M. S. y P. Schultz, 2004. Palaeoecological implications of the mid-Pliocene faunal turnover in the Pampean Region (Argentina). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 213:101–113.
- Vucetich, M. G. y D. H. Verzi, 1995. Un nuevo *Eumysopinae* (Rodentia, Echimyidae) de la "Formación" Irene (Chapadmalalense inferior ?) y la diversidad de la subfamilia. Actas IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, 1:15-22, Junín.
- Zavala, C., 1993. Estratigrafía de la localidad de Farola Monte Hermoso (Plioceno-Reciente, Provincia de Buenos Aires. Actas, XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 2: 228-235.
- Zavala, C. y E. Navarro, 1993. Depósitos fluviales en la Formación Monte Hermoso (Plioceno inferior-medio), Provincia de Buenos Aires. Actas, XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 2: 236-244.
- Zavala, C. y H. Freije, 2005. Geología de los acantilados. En Masera, F. *et al.* (Eds.) Las mesetas patagónicas que caen al mar: la costa rionegrina. Gobierno de Río Negro, Viedma: 187-199.
- Zavala, C.A. y M. E. Quattrocchio, 2001. Estratigrafía y evolución geológica del río Sauce Grande (Cuaternario), Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56:25-37.
- Zárate, M. y A. Folguera, 2009. On the formations of the Pampas in the footsteps of Darwin: South of the Salado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64 (1): 124 – 136.
- Zinsmeister, W. J., Marshall, L. G., Drake, R. E. y G. W. Curtis, 1981. First radioisotope (Potassium-Argon) age of marine Neogene Río Negro beds in Northeastern Patagonia. *Science* 212: 440.