Estratigrafía del Miembro El Jarillal (Formación Chiquimil, Mioceno Superior), Sierra de Hualfin, provincia de Catamarca

por Claudia M. Muruaga

IESGLO. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. E-mail: iesglount@infovia.com.ar

Abstract. El Jarillal Member is the upper member of the Chiquimil Formation in the surrounding area of Hualfin Range, which has an important fossil mammal association of Huayqueriense age (Late Miocene). This member is made up of a fining upward succession (760 m thick), with laminated fine-grained sandstones and interbedded fine conglomerates and coarse sandstones; the finer-grained facies prevail in the upper half of the member, with laterally continuous, tabular beds (Rio Villavil section). Facies analysis provided elements to define low-sinuosity graveled channel systems interbedded with sandy sheetflood deposits, continuing to the upper section in a playa lake or a muddy alluvial floodplain, with scarce slope. Latter bears the most vertebrate fossil fauna.

El Durazno section (900m thick) presents a coarser succession of conglomeradic lens, with tangential and trough-cross stratification. This section represents distal alluvial fan sedimentation with progradation to more proximal facies in the upper part of the member.

Both sections are included in the Hualfin depocentre into the Santa María-Hualfin Basin. Five tectosedimentary stages were defined in this basin: the first three include rifting processes and two stages of tectonic inversion. El Jarillal Member belongs to the third rifting stage.

Resumen. El Miembro El Jarillal es el miembro superior de la Formación Chiquimil en el área circundante de la Sierra de Hualfin, el cual contiene una importante asociación mamífera de edad Huayqueriense (Mioceno superior). Este miembro está constituido por una sucesión granodecreciente de 760 m de espesor (perfil Río Villavil), con areniscas finas y conglomerados y areniscas gruesas interestratificados; las facies más finas predominan en la mitad superior del miembro, en capas tabulares lateralmente continuas). El análisis de facies proveyó los elementos necesarios para definir sistemas de canales gravosos de baja sinuosidad interestratificados con depósitos de flujos mantiformes arenosos, continuando hacia la sección superior en un "playa lake" o una planicie aluvial fangosa de baja pendiente. Esta última porción contiene la mayor cantidad de vertebrados fósiles.

El perfil de El Durazno (900 m de espesor) presenta una sucesión texturalmente más gruesa de lentes conglomerádicos con estratificación cruzada tangencial o en artesa. Esta sucesión representa sedimentación de un abanico aluvial distal con progradación a facies más proximales en la parte superior del miembro.

Ambos perfiles se encuentran ubicados en el depocentro de Hualfin en la Cuenca de Santa María-Hualfin. Fue posible definir 5 estadios tectosedimentarios en esta cuenca: los tres primeros incluyen procesos de rifting y dos estadios de inversión tectónica. El Miembro El Jarillal pertenece al tercer estadio de rifting.

Palabras clave: estratigrafía, Miembro El Jarillal, Formación Chiquimil, Mioceno superior, paleoambiente fluvial.

Introducción

El área de afloramientos de rocas sedimentarias ubicada inmediatamente al oeste de las localidades de Hualfín y Puerta de Corral Quemado (Fig. 1) ha constituido una zona clásica para estudios estratigráficos y estructurales de los sedimentos neógenos (Stahlecker, 1926 en Riggs y Patterson, 1939; Peirano, 1956; Marshall y otros,

1979; Butler y otros, 1984; Bossi y otros, 1987, 1993, 1994; Allmendinger, 1986; Flynn y Swisher, 1995; Gavriloff y otros, 1998), principalmente motivados por la presencia de una importante fauna de vertebrados fósiles (terrestres y dulceacuícolas) (Cabrera, 1937, 1944; Riggs y Patterson, 1939; Pascual y Odreman Rivas, 1971; Marshall y Patterson, 1981; Powell y otros, 1998; Esteban y Nasif, 1999; Esteban y otros, 1999).

En 1926, Stahlecker (Riggs y Patterson, 1939) describió por primera vez dos perfiles de detalle, uno al sur de la zona de estudio, desde el río Corral Quemado a Hualfín, y otro en la localidad de Chiquimil (Valle de Santa María) (descriptos en detalle en Marshall y Patterson, 1981). El autor dividió a la Formación Chiquimil en dos miembros: Chiquimil A y Chiquimil B. Posteriormente González Bonorino (1950) describió tres pisos en la cubierta sedimentaria de la Hoja Geológica Capillitas: 1) el Calchaquense, 2) Complejo Volcánico y 3) el Araucanense.

Bossi y otros (1987) correlacionaron los perfiles del Terciario superior de la Puerta de Corral Quemado y Entre Ríos (valle de Santa Maria) y en base a estudios magnetoestratigráficos, dataciones de tobas y niveles fosilíferos hicieron aplicable la nomenclatura del Grupo Santa María (Galván y Ruiz Huidobro, 1965; Bossi y Palma, 1982) en el cual dividen la Formación Chiquimil en los miembros A, El Aspero y B.

Muruaga (1998) realizó un estudio sedimentológico de detalle en sedimentos terciarios en los alrededores de la sierra de Hualfín y cerro El Durazno y propuso denominar a ambos miembros como Miembro Los Baños (inferior) y Miembro El Jarillal (superior). La nomenclatura estratigráfica definida para la zona de estudio se presenta en el Cuadro 1 junto a su correlación con unidades propuestas anteriormente por otros autores. La propuesta por Bossi y otros (1987) es la correspondiente para la Puerta de Corral Quemado-Hualfín. En la misma los autores reconocieron la Formación San José como unidad basal, lo que no fue posible en trabajos posteriores (Muruaga, 1998, 1999; Bossi y otros, 1999).

El objetivo de esta contribución es brindar una descripción sedimentológica detallada y una interpretación paleoambiental del Miembro El Jarillal de la Formación Chiquimil, puesto que constituye la porción más productora de fósiles mamíferos de la columna estratigráfica en la zona de estudio.

Las rocas aflorantes alrededor de la sierra de Hualfín están compuestas por: 1) Basamento cristalino representado por metamorfitas de bajo grado de la Formación Loma Corral (Precámbrico-Cámbrico inferior) intruidas por ortogneis de la Formación Chango Real (Cámbrico); 2) Sedimentitas del Terciario que se apoyan discordantemente sobre el basamento y 3) Sedimentos cuaternarios con depósitos de acarreo (abanicos aluviales, coluviales, terrazas fluviales y dunas eólicas).

La sucesión sedimentaria terciaria está presente en ambas vertientes de las sierras de Hualfín-Las Cuevas (Fig. 1) distribuida periclinalmente alrededor de los núcleos de basamento y se apoya concordantemente sobre la peniplanicie labrada en los ortogneises. Sus afloramientos son continuos en el flanco occidental; las capas adoptan una estructura homoclinal adosadas a la superficie de denudación del basamento, cuya inclinación disminuye a medida que nos alejamos de ésta, es decir de E a O con rumbos predominantes NNE-SSO.

Materiales y métodos

Dos perfiles sedimentológicos de detalle fueron relevados mediante la utilización de cinta métrica, brújula y planillas codificadas (Bossi y otros, 1979). Uno fue relevado en las inmediaciones de la localidad de Villavil (Fig. 1, A-A'), a escala 1:40; el otro, en las cercanías de la localidad de El Durazno, al sudoeste de la zona de estudio (Fig. 1, B-B') a escala 1:100.

a) *Perfil río Villavil*: los afloramientos neógenos en este sector poseen un espesor total de aproximadamente 3.500 m.

b) *Perfil El Durazno*: paralelo a la traza del río Vallecito, posee un espesor expuesto

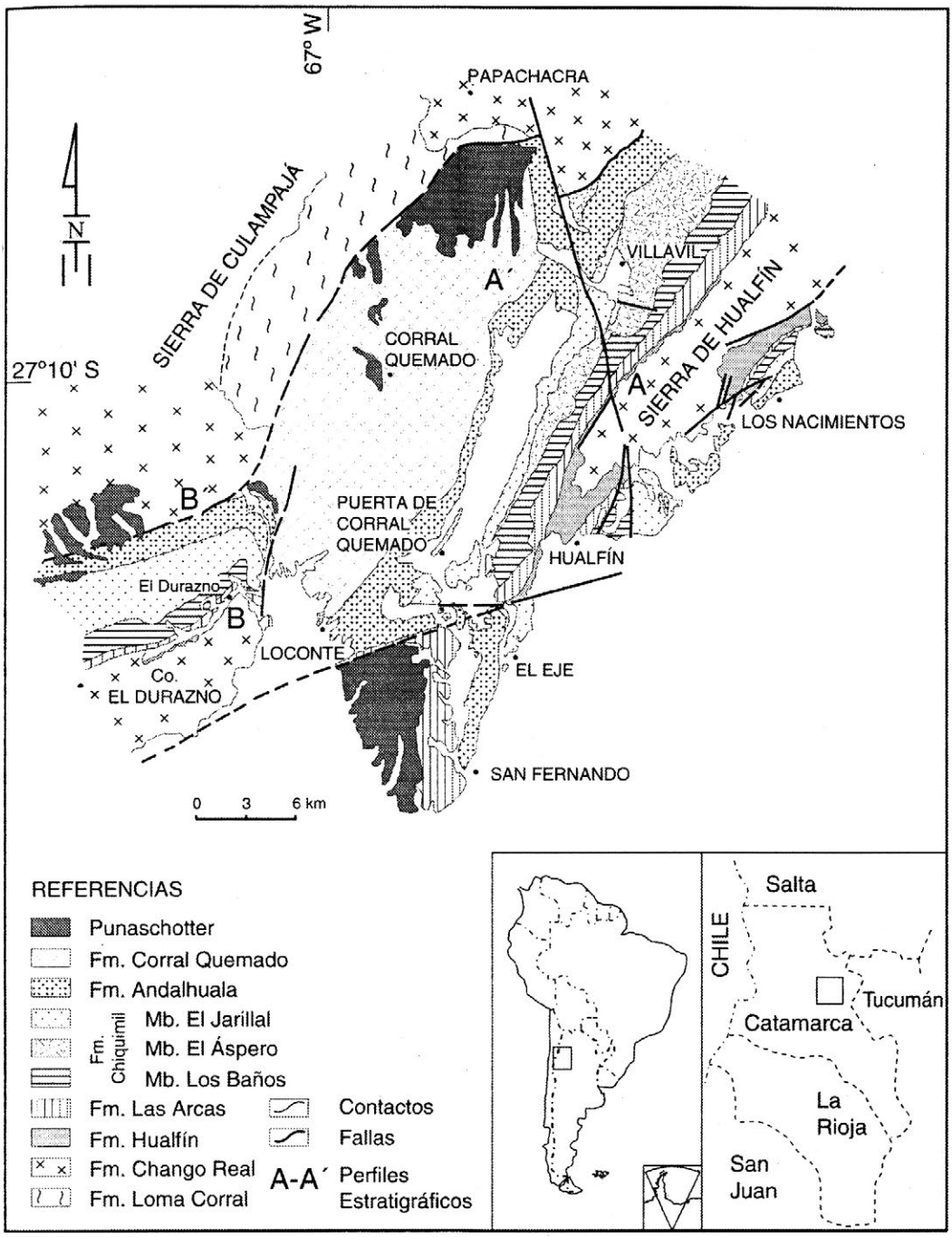


Figura 1. Mapa geológico de la zona de estudio. A-A': Perfil Río Villavil. B-B': Perfil El Durazno.

de 2.300 m. Las unidades presentan características diferentes a las descriptas en el perfil del Río Villavil.

Con el objeto de interpretar los ambientes deposicionales, los cuerpos de rocas fueron subdivididos en facies (Walker, 1992), caracterizadas por atributos tales como textura, composición y estructuras sedimentarias, según la definición de Middleton (1978). Su nomenclatura se ajustó al clásico código de litofacies propuesto por Miall (1977, 1978) con algunas modificaciones como se indican en la Tabla 1.

El estudio de los cambios de facies y el establecimiento de las asociaciones de facies constituyeron una herramienta fundamental para la caracterización de los ambientes de formación de las rocas sedimentarias antiguas, por comparación con medios actuales y otras sucesiones bien estudiadas.

Se llama «asociación de facies» a un conjunto de facies elementales, genéticamente relacionadas y que tienen una significación ambiental (Collinson, 1969). Generalmente una facies concreta es poco significativa de un medio sedimentario, no así una asociación de facies (o su expresión vertical) que refleja la actividad de un proceso en un determinado medio sedimentario, lo que puede llegar a ser un excelente criterio de diagnosis del medio en materiales antiguos.

En la sucesión estudiada fue posible reunir las diecinueve litofacies clásticas determinadas en nueve asociaciones de facies, a las que denominamos con dos letras mayúsculas (Tabla 2), ordenadas en orden decreciente de energía de transporte.

Para sintetizar la información de detalle obtenida en cada perfil y unificar las escalas, éstos fueron redibujados según las asociaciones de facies presentes (a escala 1: 2.000), cuya reproducción fue reducida por motivos de impresión (Figs. 2 y 3). La frecuencia de las asociaciones de facies se muestran en los histogramas representados a la par de cada unidad.

Miembro El Jarillal (nomen novum)

(Formación Chiquimil, Bossi y Palma, 1982)

Sinonimia

«Araucaniano inferior» (Frenguelli, 1930)
«Chiquimil A» (Riggs y Patterson, 1939)
«Araucanense» (González Bonorino, 1950)
«Formación El Cajón» (Turner, 1962)
«Unidad Superior» (Allmendinger, 1986)
«Miembro A» (Bossi y otros, 1987)
«Formación Chiquimil A (Butler y otros, 1984; Bossi y otros, 1993)

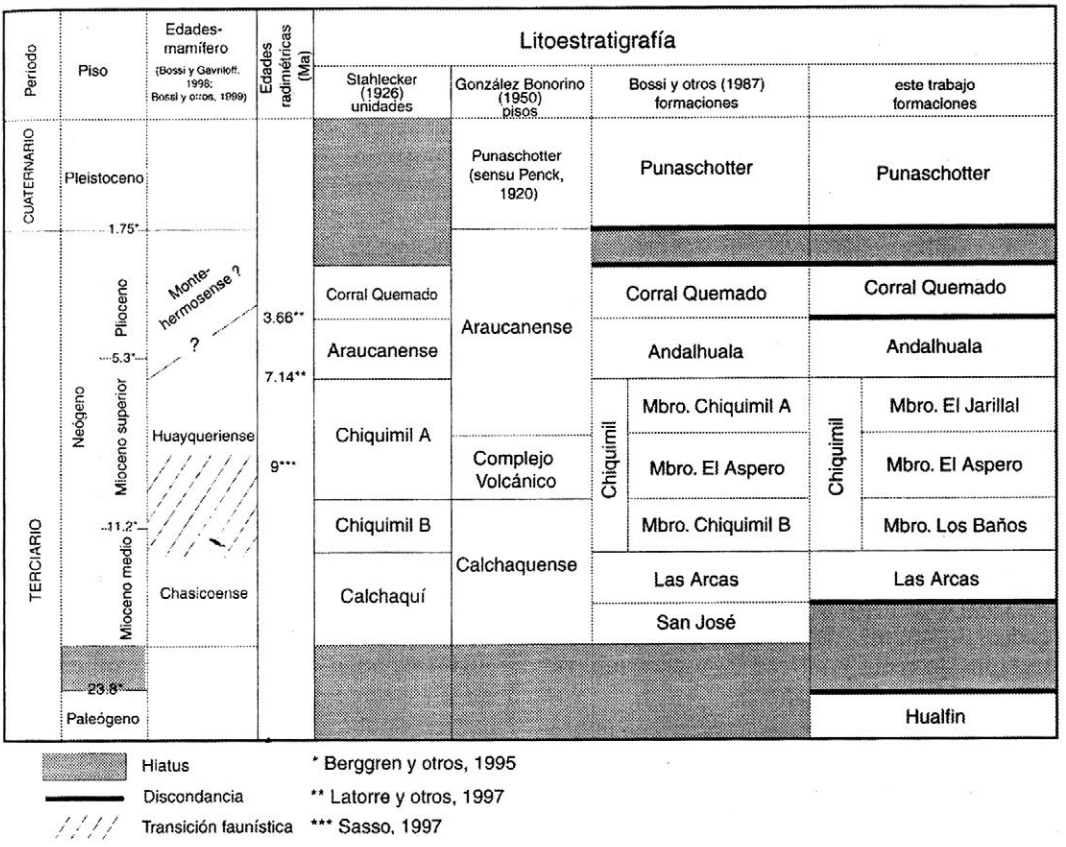
Nombre. El nombre de Miembro El Jarillal fue elegido debido a que esta unidad se expone extensamente en el Campo del Jarillal, entre las sierras de Hualfín y Culampajá.

Area y sección tipo. Los sedimentos pertenecientes al Miembro El Jarillal afloran en una faja muy continua desde la localidad de Villavil, en la margen este del río El Jarillal, hasta Puerta de Corral Quemado donde constituyen el núcleo del anticlinal con eje buzante hacia Loconte (Fig. 1). Hacia el lado oriental de la sierra de Hualfín, se presentan discontinuamente en Los Nacimientos, al NE de Hualfín y en las inmediaciones de El Eje, en la margen oeste del río Los Nacimientos.

Al norte del cerro El Durazno, sus afloramientos son continuos desde Jasipunco hacia el oeste, continuando hacia el sur por la ladera oriental de la sierra de Fiambalá.

Los espesores medidos son de 764 m cerca de Villavil y de 901 en el perfil El Durazno. Las equivalentes unidades 9 a 14 de Stahlecker (1926), en el perfil relevado en Puerta de Corral Quemado, suman aproximadamente 345 m de espesor. En este sentido estaríamos de acuerdo con Butler y otros (1984) respecto a multiplicar por un factor de dos los espesores de las secciones de Stahlecker (1926).

Las sedimentitas del Miembro El Jarillal se apoyan concordantemente sobre aquellas pertenecientes al Miembro El Áspero. En el perfil río Villavil este pasaje es abrupto con



Cuadro 1. Esquema litoestratigráfico del Cenozoico y sus correlaciones con unidades propuestas por otros autores en la zona de estudio.

respecto a la composición de los rodados de exclusivamente volcánicos a mayormente graníticos.

El contacto superior con la suprayacente Formación Andalhuala es igualmente concordante, definido por la proporción textural de las sedimentitas y en el caso del perfil río Villavil por un cambio en su coloración.

Caracterización litológica y facial

Perfil río Villavil. El Miembro El Jarillal de la Formación Chiquimil representa en conjunto una sucesión granodecreciente de areniscas finas castaño amarillentas a verde amarillentas, macizas, con intercalaciones de conglomerados finos y areniscas gruesas; estas últimas, más frecuentes en la base y en la parte media del miembro. Para una descripción detallada se consideraron tres secciones (Fig. 2):

Sección inferior. La sección inferior del Miembro El Jarillal (45 m) es esencialmente conglomerádica en la cual se interestratifican las asociaciones de facies GP (60.1%), SH (32.6%) y FI (7.3%) (véase Tabla 2). GP está constituida por una importante amalgamación (Steel y Thompson, 1983) de cuerpos conglomerádicos medianos, en juegos de hasta 9 m de espesor, de base muy irregular erosiva, con un relieve de hasta 2 m; contienen guijones y bloques dispersos. Las es-

tructuras traccionales presentes son la laminación paralela (Gh) y estratificación entrecruzada en artesa (Gt) y tangencial (Gp).

La asociación de facies arenosa (SH) incluye areniscas gruesas y finas macizas o laminadas (Sm o Sh), muy mal seleccionadas, las que presentan en baja proporción estructuras entrecruzadas tangenciales (Sp).

Es posible observar incipientes ciclos granodecrecientes (aproximadamente de 5 a 6 m de espesor) los que culminan con delgadas intercalaciones de la asociación de facies FI.

Sección media. La sección media del Miembro El Jarillal representa una sucesión predominantemente arenosa de 223 m de espesor. Las asociaciones de facies presentes son GP, SH, FI y FM, en ciclos granodecrecientes (de 4 a 7 m de espesor individual promedio).

GP (13.3%) se presenta en estratos delgados (0.50-2m), de base irregular con estructura de corte y relleno de menor relieve que en la sección anterior.

Las facies arenosas se caracterizan por la sucesión multiepisódica de SH (71.8%), de areniscas finas y medias macizas o con laminación paralela e inclinada de bajo ángulo, mal seleccionadas, con estratos gradados normales e invertidos. Ocasionalmente existen juegos de areniscas con estratificación entrecruzada planar o en artesa.

Las facies pelíticas (FI: 12.6% y FM: 2.2%) se observan con variaciones en su espesor pero bastante persistentes en el tope de los ciclos granodecrecientes.

Sección superior. La sección superior del Miembro El Jarillal, dominantemente arenopelítica (Fig. 2), tiene un espesor de 496 m, con estratos tabulares y muy continuos. Predomina la asociación de facies FS (73%) asociada a FM (11.5%) y FI (10.5%), con intercalaciones de SP (4.7%) y muy escasas de GM (0.5%).

La FS se caracteriza por la interestratificación de limolitas y areniscas muy finas macizas con paraclastos pelíticos y rodados dispersos. Los estratos son delgados y se encuentran bioturbados, con pistas de vermes (epichnia) y pedotúbulos. Las intercalaciones arenosas con estructuras cruzadas en artesa (St) son esporádicas.

En FM se encuentran representadas las litofacies Fm, Sm, Fr y Sr en estratos con espesores entre 0.50 m y 2 m, entre los cuales se interestratifican dos niveles de toba de 0.20 m de espesor. A su vez, la asociación de facies FI, con litofacies características Fm y Fh, se presentan en estratos delgados (0.20-0.50 m) en el tope de FS.

La asociación de facies GM es poco frecuente representada por estratos conglomerádicos de muy poco espesor (0.20m) lenticulares.

Esta sección se caracteriza por la presencia de abundante cantidad de restos fósiles de vertebrados de muy buena preservación, preferentemente en FS, y sólo en un caso se encontraron restos vegetales muy carbonizados en las intercalaciones pelíticas. Estos últimos fueron determinados como posibles restos de hojas de plantas monocotiledóneas de la especie Equisetaceae.

Al cambio textural abrupto, observado hacia la base de la sección inferior del Miembro El Jarilllal en el perfil río Villavil, se agrega además un cambio significativo en la composición de los rodados, dado que en la mitad inferior aumentan considerablemente los rodados procedentes del basamento gneis-granítico a expensas de la brusca disminución de los volcánicos (promedio Gneses-graníticos: 41%, Volcánicos: 33%, Metamórficos: 26%) en tamaño guija; en los guijones, el porcentaje de graníticos es mayor (G: 75%, M: 12% V: 13%). En la mitad superior, las guijas de composición metamórfica aumentan en porcentajes considerables, disminuyendo proporcionalmente las graníticas (M: 52% V: 26% G: 26%).

Las mediciones de paleocorrientes para toda la unidad indican procedencia del ONO (Gran Media: 116°), lo que evidencia un cambio tectónicamente significativo con respecto al Miembro El Áspero (subyacente, con una Gran Media de 146°).

Contenido paleontológico. En el área Chiquimil del Valle de Santa María, Riggs y

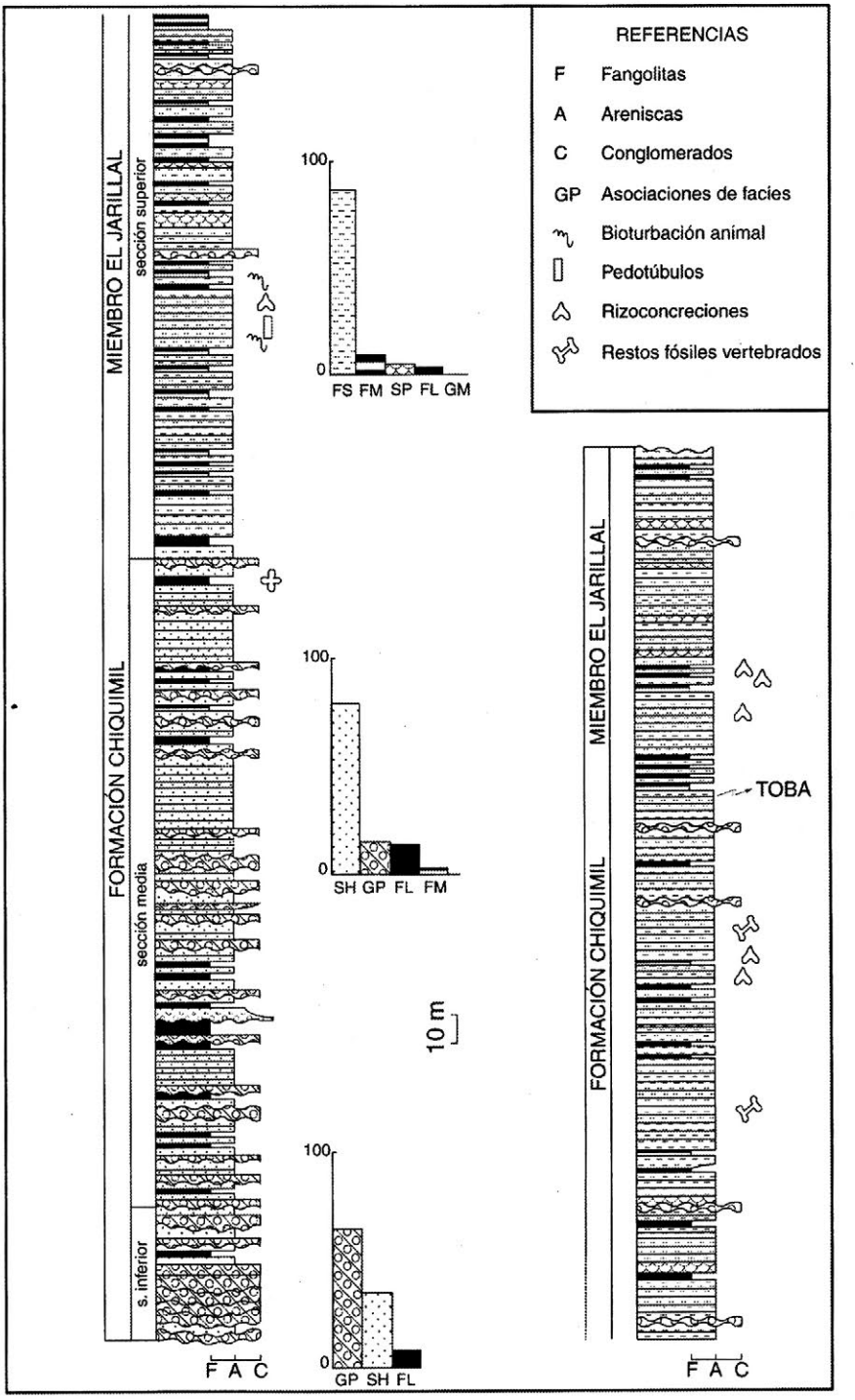


Figura 2. Perfil sedimentológico Río Villavil del Miembro El Jarillal, Formación Chiqúimil.

Patterson (1939) citaron la presencia de *Tetrastylus* cf. *T. diffisus*, *Tremacyllus* cf. *T. diminutus* en su horizonte Chiquimil A.

En 1943, Peirano señaló por primera vez la presencia de numerosas localidades fosilíferas en la región del Valle del Cajón, donde realizó importantes colecciones paleontológicas de roedores pequeños y aves, y en menor proporción los desdentados, tortugas y macrauquénidos.

De acuerdo a la correlación efectuada por Bossi y otros (1993), estos niveles fosilíferos se encuentran en la porción superior de la Subsecuencia IIb y mitad inferior de la Subsecuencia IIc de la Aloformación Playa del Zorro, por lo tanto corresponderían al Miembro El Jarillal de la Formación Chiquimil de nuestra región. Estos niveles incluyen *Neocorbicula* sp., gasterópodos, pelecípodos, ostrácodos, escamas de peces y una rica fauna de mamíferos, reptiles y aves cuyos taxones conocidos a partir de la colección de Peirano y nuevos elementos (Esteban y Nasif, 1999; Esteban y otros, 1999) son: **Mamíferos**: *Notoungulata*: Hegetotheriidae, Toxodontidae y Mesotheridae; *Edentata*: Megalonichidae, Milodontidae, Dasypodidae; *Rodentia*: Cavidae, Dinomyidae, Chinchillidae y Octodontidae; **Aves**: Phoenicpteridae; **Reptiles**: Chelonia.

Marshall y Patterson (1981) realizaron una excelente revisión de los estratos terciarios del Valle de Santa María y el Río Corral Quemado, donde describen los fósiles citados por Riggs y Patterson (1939) para el horizonte Chiquimil A, agregando especies como *Cyonasua* sp. y *Typotheriopsis internum*.

Bossi y otros (1987) agregaron la presencia de *Phyctaenopyga ameghini* a las especies encontradas por Riggs y Patterson (1939) dentro del Miembro A de la Formación Chiquimil, en Puerta de Corral Quemado.

En nuestra zona de estudio hemos hallado una nueva e importante localidad fosilífera, ubicada en la margen derecha del Río Villavil al sur de la localidad homónima, donde hemos recolectado una gran cantidad de vertebrados fósiles dentro de esta unidad.

Esta colección incluye, entre otros, restos de (Powell y otros, 1998): *Tipotheriopsis* sp. (Mesotheriidae-Notoungulata), Pachyrukninae indet. (Hegetotheriidae-Notoungulata), cf. *Xotodon* sp. (Toxodontidae-Notoungulata), *Eosclerocalyptus planus* (Glyptodontidae-Hoplophorinae-Edentata), *Stromaphorus* sp. (Glyptodontidae-Hoplophorinae), *Vassallia* sp. (Dasypodidae-Pampatheriinae-Edentata), *Macroeuphractus* sp. (Dasypodidae- Euphractinae), *Paleuphractus* sp., cf. *Chaetophractus* sp., cf. *Proeuphractus Paraeuphractus* sp. (Dasypodidae-Euphractinae), *Lagostomopsis* sp. (Chinchillidae-Rodentia) y otros roedores referidos a: Abrocomidae indet., Caviinae indet., Cardiomyinae indet., Dinomyidae indet., Caviomorpha indet. y Caviidae indet.

Perfil El Durazno. El Miembro El Jarillal en el perfil El Durazno se caracteriza por estar representado por una sucesión granocreciente. Para su mejor descripción se distinguieron tres secciones (Fig. 3):

Sección inferior. La sección inferior del Miembro El Jarillal, de 483 m de espesor, es arenosa, con la asociación de facies SM (44.3%) dominante. Esta asociación, representada por estratos tabulares delgados con espesores de 0.3 a 1 m, constituye eventos multiepisódicos de hasta 8 m de potencia. Se intercalan en forma esporádica delgados estratos tabulares gravosos de GP (12.5%), de 1.5 m de espesor promedio y se ubican en la base de incipientes secuencias granodecrecientes (4 a 10 m de potencia).

Se observa la creciente participación de SH (31.7%) interestratificada con la SM y en la que también predominan las facies de areniscas macizas sobre las laminadas.

Los ciclos granodecrecientes mencionados están coronados por FM (4.8%) y FI (1.7%), que aumentan su frecuencia hacia la parte superior de esta sección.

Sección media. La sección media del Miembro El Jarillal (283 m) es muy similar a su sección inferior, con la participación de las asociaciones de facies SM (49.2%) y SH (27.3%) interestratificadas pero con un apreciable aumento en la proporción de la

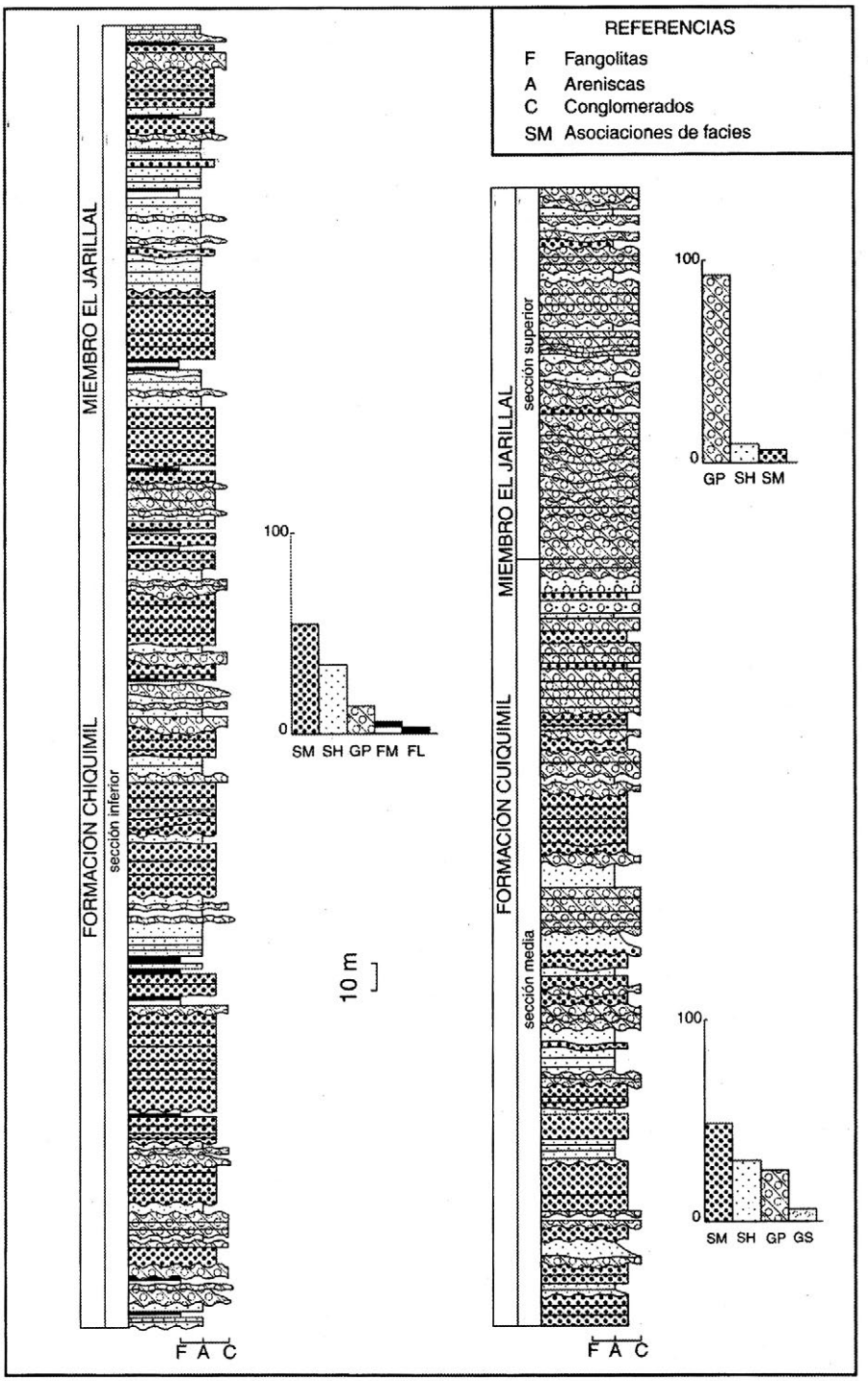


Figura 3. Perfil sedimentológico El Durazno del Miembro El Jarillal, Formación Chiquimil.

GP (23.3%). La GP se presenta en estratos delgados de conglomerados finos laminados o con estratificación tangencial simple (1 a 2 m) muy esporádicos en la parte inferior de la sección. A medida que ascendemos estratigráficamente, esta asociación de facies muestra un notable apilamiento de las estratos, constituyendo bancos de hasta 10 m de espesor. Esta situación permite reconocer un arreglo general grano y estratocreciente con mayor participación de las estructuras de corte y relleno en la base de los estratos conglomerádicos (GP).

Hacia el techo de la sección media se reconocen en pequeña proporción GS (4.5 %), intercalada entre GP. La asociación de facies GS está representada por capas de conglomerados finos matriz-soporte de bases irregulares, con estratificación plana (0.20 a 0.30 m), remarcada por delgadas intercalaciones de areniscas gruesas.

La asociación de facies fina FM (0.6%) se preserva en niveles muy delgados en la parte superior de los cuerpos arenosos.

Sección superior. La sección superior, en pasaje transicional con la sección anterior, constituye 135 m de depósitos dominantemente conglomerádicos, representados por un profuso apilamiento de la asociación de facies GP (85.3%), con mayoría de estratos tabulares (Fig. 3). Los espesores individuales promedio oscilan entre 1 y 4 m y tienen la particularidad de presentar numerosos lentes conglomerádicos y rodados dispersos de tamaño guijarros y bloques. Entre las asociaciones de facies arenosas es persistente la interestratificación entre SH (8.9%) y SM (5.8%).

Respecto a la composición de los rodados en el perfil El Durazno, podemos notar que en la base del Miembro El Jarillal (Formación Chiquimil) es característico un alto porcentaje de los rodados volcánicos (V: 44% M:30% G: 26%). En la sección media, los rodados graníticos aumentan su proporción (43%), predominando levemente en relación con los volcánicos (35%) y metamórficos (22%). Hacia la sección superior, el cambio composicional está marcado por una notable disminución de los rodados volcánicos (12%), con aumento leve en los graníticos (47%) y metamórficos (41%).

Las paleocorrientes del Miembro El Jarillal indican procedencia desde el NO (Gran Media: 142°).

Resultados

Se propone la denominación formal de Miembro El Jarillal para la unidad superior de la Formación Chiquimil, según las normas del Código Argentino de Nomenclatura Estratigráfica (1992).

Paleoambientalmente, se infiere para la sección inferior del Miembro El Jarillal en el perfil Río Villavil, un sistema de canales gravosos de baja sinuosidad (complejo entrelazado gravoso). Cabe destacar de esta sucesión la notable participación de facies canalizadas gravosas (GP), con buen desarrollo de estructuras traccionales (entrecruzadas tangenciales, en artesa y laminación paralela). Estas unidades se habrían generado como resultado de nucleación y migración de formas del complejo de barras («Bar cores» sensu Bluck, 1974, 1982). Los depósitos mantiformes arenosos de alto régimen de flujo (SH) interestratificados, que cubren el tope de los cuerpos canalizados, se explayaban hacia la planicie de inundación en los estadios de inundación (flood stage). Las facies pelíticas (FI) se observan en el tope de algunos ciclos granodecrecientes.

En la sección media del mencionado perfil, los sistemas de canales son menos jerarquizados que en la sección inferior y domina la sedimentación de crecidas mantiformes, con algunas estructuras que reflejan flujo menguante hacia el final de los eventos de inundación (Sp y St).

Finalmente, la sección superior corresponde a sedimentación de planicie arenosa distal (asociación de facies FS) con frecuentes depósitos de explayamiento, muy bioturbados, con vermes, pedotúbulos y abundante cantidad de restos fósiles vertebrados, y algunas canalizaciones esporádicas (GM). Representaría ambiente de playa de bolsón a

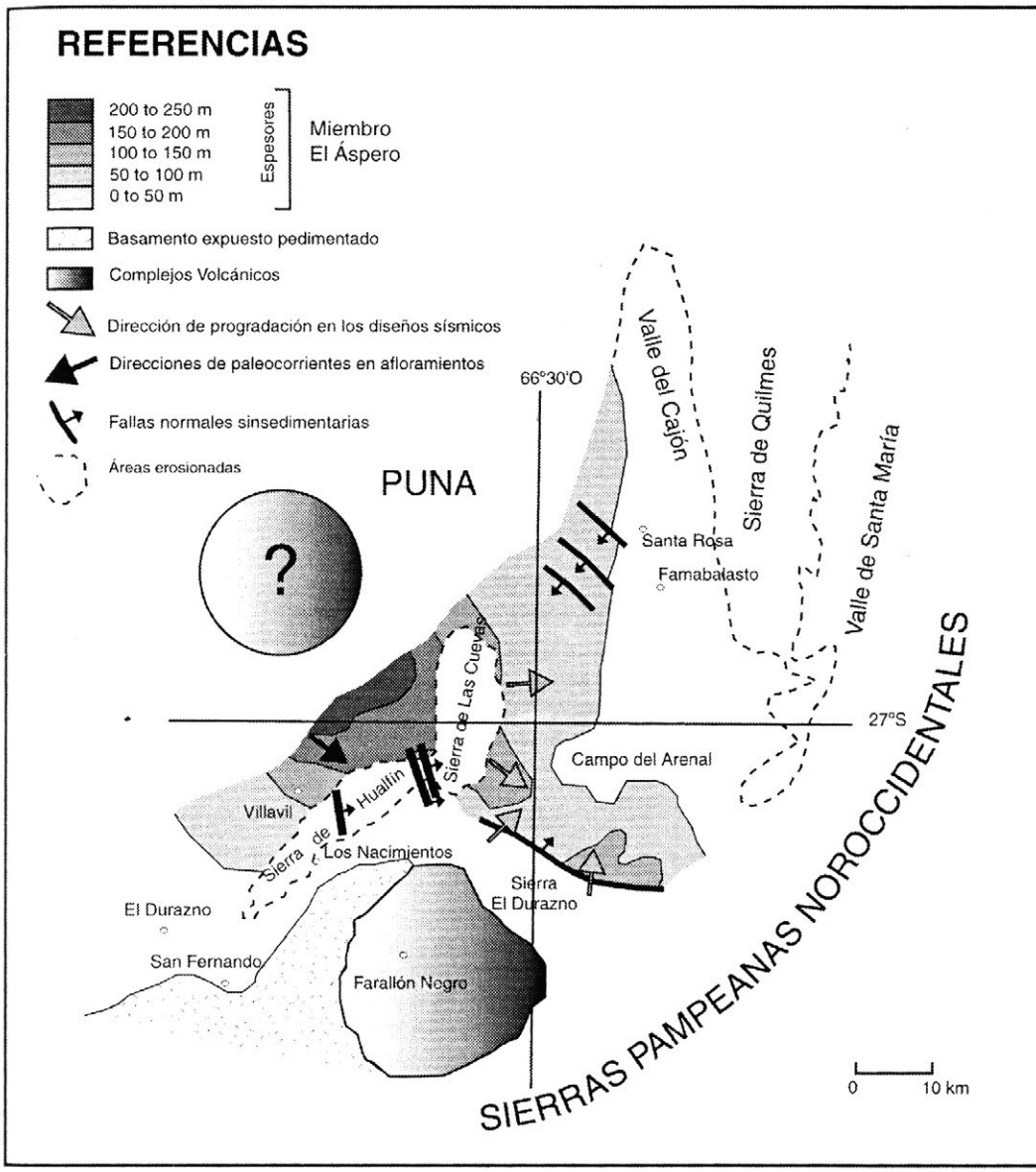


Figura 4. Mapa isopáquico correspondiente al Miembro El Aspero (Formación Chiquimil). Modificado de Bossi y otros (1997).

planicie aluvial fangosa de muy escasa pendiente.

Por su parte, el conjunto de asociaciones de facies y su distribución espacial en el perfil El Durazno nos permite inferir que la sección inferior es de ambiente de abanico distal. En este ambiente tenemos sedimentación de persistentes mantos de creciente con retrabajo (SM) y distales (SH), que constituyen las facies más distales del perfil relevado. Hacia la sección media se encuentra representado un sector más proximal del aba-

Tabla 1. Tabla de litofacies determinadas y sus códigos. Adaptada de Miall (1977).

CODIGO DE LITOFACIES (MIALL, 1977)	TEXTURA	ESTRUCTURA INTERNA	GEOMETRIA	INTERPRETACION DINAMICA ELEMENTAL (este trabajo)
Gm	ortoconglomerado	Maciza. Estratificación plana. Gradación normal	Tabular a lenticular	Depósitos traccionales. Acreción vertical de barras longitudinales. Láminas gravosas bajas durante eventos de alta descarga
Gi	Ortoconglomerado	Imbricación	Tabular a lenticular	Depósitos traccionales. Acreción vertical de barras longitudinales
Gp	ortoconglomerado	Estratificación cruzada tabular planar o tangencial simple	Tabular. Base irregular erosiva	Megaóndulas gravosas bidimensionales
Gh	ortoconglomerado	Laminación paralela	Tabular. Base irregular erosiva	Barras longitudinales de descarga alta y poca profundidad
Gl	ortoconglomerado	Laminación inclinada	Tabular a lenticular	Depósitos de acreción de barras diagonales laterales
Gt	ortoconglomerado	Estratificación cruzada en artesa	Tabular a lenticular	Megaóndulas gravosas tridimensionales
Gms	Conglomerado matriz soporte arenosa	Maciza	Tabular. Base plana	Flujos hiperconcentrados
SGm	Arenisca con abundantes clastos dispersos hasta "trenes" y lentes de rodados	Maciza. A veces con gradación normal	Tabular. Continuidad lateral	Crecidas laminares con sobrecarga detrítica
Sh	arenisca. Frecuentes clastos dispersos	Laminación paralela	Tabular. Continuidad lateral	Tope de barra arenosa y crecidas laminares. Alto régimen de flujo
Sl	arenisca	Laminación inclinada de bajo ángulo	Tabular	Relleno de canales menores y tope de barras
Sm	arenisca	Maciza (con calcretos)	Tabular. Lateralmente continua	Crecidas laminares distales (bioturbación?)
St	arenisca	Estratificación cruzada en artesa	Tabular a lenticular	Megaóndulas arenosas tridimensionales
Sp	arenisca	Estratificación cruzada tabular planar o tangencial simple	Tabular	Megaóndulas arenosas bidimensionales. Capas de acreción frontal en barras
Sr	arenisca	Laminación ondulítica	Tabular	Ondulas de corriente. Bajo régimen. Tope de barra o albardón (?)
FSm	pelita arenosa	Maciza	Tabular	Crecidas laminares distales
Fh	pelita	Laminación paralela	Tabular a lenticular	Decantacion desde suspensión. Tope de barra o planicie de inundación
Fm	pelita	Maciza (grietas de desecación)	Tabular	Decantación desde suspensión. Tope de barra o planicie de inundación
Fr	pelita	Laminación ondulítica	Tabular a lenticular	Ondulas de corriente de bajo régimen
T	toba	Maciza	Tabular	Caída de cenizas

nico que el de la sección inferior, con mayor retrabajo por canales. Comienza a ser evidente, de esta manera, una progradación.

En la sección superior del perfil El Durazno los depósitos representan una sedimentación aún más proximal de abanico, texturalmente más gruesa, con un relevante desarrollo de depósitos de canales entrelazados como consecuencia de efectos secundarios de retrabajo. Constituye la culminación de la sucesión progradante en esta porción de la cuenca.

Discusión y conclusiones

El estudio de la sucesión sedimentaria y los rasgos estructurales de la cuenca Santa María-Hualfin (Bossi y otros, 1993, 1994, 1997) permitieron definir una cuenca continental intracratónica, con la formación de hemigrabenes hacia ambos lados de un abovedamiento litosférico (Bossi, 1992; Bossi y otros, 1994), en cubetas elongadas N-S. Los sedimentos neógenos en los alrededores de la sierra de Hualfín pertenecen al depocen-

Tabla 2. Esquema de Asociaciones de Facies. Frecuencia: Sm: litofacies abundantes; Sm: litofacies frecuentes; (Sh): litofacies minoritarias.

Códigos de Asoc. de Facies (este trabajo)	LITOFACIES (Códigos de Miall, 1977)	INTERPRETACION (este trabajo)
GS	Gms, Sh	Flujos hiperconcentrados.
GM	Gm,Gi (Gp,Gh)	Acreción de barras longitudinales de bajo relieve. Sistema entrelazado gravoso.
GP	Gm,Gp,Gh,Gt (Gi)	Canales gravosos y barras longitudinales de alto relieve en un sistema entrelazado gravoso.
SM	SGm,Sm,Gm (St,Sh,Gms)	Flujos mantiformes (crecidas) de alto régimen con población gravosa.
SH	Sh,Sm (Sp,St,Sl)	Flujos mantiformes arenosos de alto régimen generalmente no confinados (crecidas).
SP	Sp,St,Sh (Sl)	Migración de megaóndulas bi y tridimensionales de relleno de canales en un sistema entrelazado arenoso.
FS	FSm,SGm (Sh)	Crecidas no confinadas. Sedimentación de barreales en la planicie aluvial.
FM	Fm,Sm,Sh (Fr,Fl)	Depósitos de planicie de inundación. Planicie mixta (fango-arenosa). Sistema entrelazado.
Fl	Fm,Fl,Fr	Mantos de creciente en posición distal o ricos en fango. Depósitos de planicie de inundación de sistema entrelazado y planicie fangosa.

tro de Hualfín ubicado en el extremo sudoccidental de la cuenca mencionada (Muruaga, 1998).

En la evolución tectosedimentaria establecida para este tramo de la cuenca fue posible distinguir dos etapas: una extensiva producida por el arqueamiento superficial y calentamiento de la litosfera, y otra netamente compresiva representada por la inversión tectónica de la cuenca (Muruaga, 1998; Muruaga y Bossi, 1999; Bossi y otros 1999). Durante la etapa extensiva, el espacio de acomodación se habría producido por fallamiento normal de alto ángulo asociado al abovedamiento superficial de la litosfera y fueron definidas tres etapas de rifting como: pre-rift, rift inicial y climax del rift (Prosser, 1993). El arqueamiento se manifiesta claramente por la actitud de la penillanura labrada sobre el basamento cristalino precámbrico-cámbrico inferior, con vergencia opuesta y hacia afuera del domo.

El magmatismo asociado desde el inicio al climax del rifting estaría representado por el Complejo Volcánico Farallón Negro, al Este de la zona de estudio. El vulcanismo sinsedimentario está representado por los sedimentos volcaniclásticos y extrusivos andesíticos (Miembro El Aspero, Formación Chiquimil) en la Sierra de Hualfín y por basaltos hacia norte de la Sierra de Las Cuevas y en el Valle del Cajón.

La figura 4 muestra un mapa isopáquico durante la depositación del Miembro El As-

pero (techo)(modificado de Bossi y otros, 1997), construido con información adicional de subsuperficie brindada por lineas sísmicas de YPF en el campo del Arenal. El Miembro El Jarillal no ha sido observado en las mismas (no depositación o erosión) por lo que no fue posible completar el mapa isopáquico correspondiente.

El Miembro El Jarillal de la Formación Chiquimil representa la tercera etapa del rifting en el depocentro de Hualfín, con la instalación de un sistema de canales gravosos de baja sinuosidad en su porción inferior, que gradan a corrientes menos jerarquizadas en la porción media y finalmente a una planicie areno-fangosa distal (perfil Río Villavil).

El inicio de la depositación del Miembro El Jarillal coincide, en este perfil, con un marcado cambio en las direcciones de los sistemas de flujo hacia el ESE, con Gran Media en 116° (las unidades inferiores poseen una Gran Media de 147°) junto a un predominio relativo rodados de basamento gneis-granítico sobre los metamórficos y volcánicos. Este cambio tiene significado tectónico y refleja la constitución de un relieve cercano directamente hacia el Oeste, probablemente relacionado con la elevación del basamento cristalino durante la constitución de los aparatos volcánicos del Miembro El Áspero (subyacente).

En el perfil El Durazno, el miembro El Jarillal refleja características más propias del borde de cuenca con evidencias de depósitos de abanicos aluviales en sus partes distales progradantes hacia su porción superior.

En la segunda etapa, netamente compresiva, se produjo la inversión tectónica en pulsos, con la consecuente modificación de la configuración inicial de la cuenca, con la existencia de fallas normales invertidas total o parcialmente y una importante dicordancia regional entre las Formaciones Andalhuala y Corral Quemado. En la última etapa de inversión, la subcuenca de Hualfín se desmembró en bolsones rodeados por bloques de basamento cristalino de relieve muy alto, que actualmente forman las sierras de la región y bloques de montañas inferiores. Las sucesiones sedimentarias fueron arrasadas y cubiertas en discordancia angular por los conglomerados del Punaschotter, caracterizado por un manto aluvial de escaso espesor.

Con respecto a la edad del Miembro El Jarillal, Riggs y Patterson (1939) establecieron que uno de los dos fósiles encontrados en su horizonte Chiquimil A fue también encontrado en las unidades suprayacentes (Araucanense y Corral Quemado), mientras que el otro no se encontró en niveles superiores y está estrechamente vinculado con las especies Mesopotamianas y por lo tanto lo relacionaron con faunas de edad Chasicoense. Pascual y Odreman Rivas (1973) también asignaron tentativamente esta edad para las unidades Chiquimil A y B.

Turner (1962) atribuyó al Plioceno los sedimentos de la Formación El Cajón, en base a los restos de vertebrados estudiados por Riggs y Patterson (1939) y Cabrera (1944) en la Puerta de Corral Quemado, equivalente parcial del aquí denominado Miembro El Jarillal.

Butler y otros (1984) fijaron en 7,5 Ma el límite entre el Miembro El Jarillal y la Formación Andalhuala en los alrededores de la Puerta de Corral Quemado, tomando como referencia la toba datada en 6,14 Ma (Marshall y otros, 1979). La asociación faunística encontrada al sur de la localidad de Villavil permite asignar una edad mamífero Huayqueriense (ubicada entre 9 y 6,68-5 Ma por Butler y otros, 1984) (Bossi y otros, 1987) para los niveles portadores del Miembro El Jarillal de la Formación Chiquimil. A su vez, las vulcanitas del subyacente Miembro El Áspero, aflorantes en el mismo sector fueron datadas en 9.14 ± 0.09 Ma (Sasso, 1997). Este valor se aproxima mucho al límite inferior de la edad mamífero Huayqueriense (9 Ma, Marshall y otros, 1979).

La toba de 6,67 Ma fue datada nuevamente por Latorre y otros (1997) mediante el método de 40Ar/39Ar por fusión laser de cristal simple, cuya edad es de 7,14 Ma.

En este aspecto el Miembro El Jarillal queda acotado entonces entre 9 y 7,14 Ma, por lo que se le atribuye edad miocena superior baja (Berggren y otros, 1995).

Agradecimientos

Deseo expresar mi gratitud en particular a mi director el Dr. Gerardo E. Bossi por sus numerosas enseñanzas, al Geól. Igor Gavriloff por la lectura crítica del manuscrito y en general a los integrantes del Laboratorio de Sedimentología que permitieron de una u otra manera concluir con este trabajo. Agradezco de igual modo al Dr. Salfity por los valiosos aportes brindados que contribuyeron a un notable mejoramiento de su presentación y contenido.

Bibliografía

Allmendinger, R. W. 1986. Tectonic development, southeastern border of the Puna Plateau, northwestern Argentine Andes. Geological Society American, Bulletin 97, 1070-1082 pp.

Berggren, W. A.; D. V. Kent & J. Hardenbol. 1995. A revised Cenozoic Geochronology and chronostratigraphy. En: Geochronology, Times Scales and Global Statigraphy Correlations: a Unified Temporal Framework for an Historical Geology. Berggen, W.-A., Kent, D. V. and Hardenbol, J. (eds.). Society of Economic, Paleontologists and Mineralogists. Special Volume nº 54.

Bluck, B. J. 1974. Structure and directional properties of some valley sandur deposits in southern Iceland. Sedimentology, 21, 533-544 pp.

Bluck, B. J. 1982. Bar sedimentation: Texture of gravel bars in braided streams. En Hey, Bathurst y Thorn (Eds.) Gravel-Bed Rivers, 339-355 pp.

Bossi, G. E. & R. Palma. 1982. Reconsideración de la estratigrafía del Valle de Santa María, Provincia de Catamarca, Argentina. V Congreso Latinoamericano de Geología, Buenos Aires, 1, 155-172 pp.

Bossi, G. E.; A. E. Picolli & R. Andreis. 1979. Descriçao de perfis estratigraficos um metodo grafico. II Simposio Regional de Geologia. Rio Claro. Soc. Bras. Geol., 2, 225-240 pp.

Bossi, G. E.; R. Ovejero y M. Strecker. 1987. Correlación entre los perfiles del Terciario superior en la Puerta de Corral Quemado-Hualfín y de Entre Ríos (Chiquimil). Provincia de Catamarca, Argentina. X Congreso Geológico Argentino, II, 117-120 pp.

Bossi, G. E. 1992. Historia de subsidencia del perfil tipo del Neógeno del Valle de Santa María. IV Reunión Argentina de Sedimentología, La Plata, 1, 167-174.

Bossi, G. E.; C. M. Muruaga; J. G. Sanagua; A. Hernando & A. Ahumada. 1993. Geología y estratigrafía de la cuenca Neógena Santa María-Hualfín (Departamentos Santa María y Belén, Provincia de Catamarca). XII Congreso Geológico Argentino, Mendoza, II, 156-165 pp.

Bossi, G.; S. Georgieff; C. Muruaga; J. Sanagua; A. L. Ahumada & L. Ibáñez. 1994. The Santa Maria-Hualfin Neogene Basin of northwestern Argentina. 14th International Sedimentological Congress, Recife, Brasil, G12-13 pp.

Bossi, G.; C. Muruaga; S. Georgieff; A. L. Ahumada; L. Ibáñez & M. E. Vides. 1997. The Santa María Neogene Basin of the Pampean Ranges: an example of mixed tectonic evolution. I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Sociedad Venezolana de Geólogos, Isla Margarita, Venezuela, I, 97-104 pp.

Bossi, G. E. & I. J. C. Gavriloff. 1998. Terciario. Estratigrafía, Bioestratigrafía y Paleogeografía (2da edición). En: Geología de Tucumán. Fianfrancisco, M., Puchulu M.E., Durango de Cabrera, J. y Acceñolaza, G. (Eds.). Colegio de Gradiados en Ciencias Geológicas de Tucumán.

Bossi, G.; C. Muruaga & I. J. C. Gavriloff. 1999. Ciclo Andino. Negeno-Pleistoceno. Sedimentación. Editores: G. González Bonorino, R. Omarini y J. Viramonte. Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino, Tomo I: 329-360. Salta.

Butler, R. F.; L. G. Marshall; R. E. Drake & G. H. Curtis. 1984. Magnety polarity stratigraphy and K-Ar dating of late Miocene and early Pliocene continental deposits, Catamarca province, NW Argentina. Journal of Geology, 92, 623-636 pp.

Cabrera, A. 1937. Notas sobre el Suborden Typotheria. Notas del Museo de La Plata, Paleontología, 2 (8), 17-43 pp.

Cabrera, A. 1944. Los Gliptodontoideos del Araucaniano de Catamarca. Revista Museo La Plata (Nueva Serie), III, 5-76 pp.

Código Argentino de Estratigrafía. 1992. Comité Argentino de Estratigrafía. Asociación Geológica Argentina, Serie B (Didáctica y Complementaria) Nº 20, 1-64 pp.

Collinson, J. D. 1969. The sedimentology of the Grinslow shales and the kinderscout grit; a deltaic complex in the Namurian of Northern England. Journal of Sedimentary Petrology, 39 (1), 194-221.

Esteban, G. & N. Nasif. 1999. Mamíferos fósiles de la Formación Chiquimil (Mioceno tardío), Provincia de Catamarca, Argentina. Bioestratigrafía. XV Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados, La Plata, 11 pp.

Esteban, G.; N. Nasif; C. Roger. 1999. Fossil mammals of the Chiquimil Formation (Late Miocene), Catamarca province, Argetnina. Congreso Internacional Evolución Neotropical del Cenozoico, La Paz, Bolivia, 20 pp.

Flynn, J. J. & C. C. Swisher III. 1995. Cenozoic South American Land Mammal Ages. Correlation to global Geochronologies. Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation. SEPM, Special Publication Nº 54.

Frenguelli, J. 1930. Conclusiones geológicas referentes a la región preandina de Salta. Anales Soc. Científica de Santa Fe, 2, 110-137 pp.

Galván, A. F. & O. Ruiz Huidobro. 1965. Geología del Valle de Santa María. Estratigrafía de las formaciones terciarias. Acta geológica lilloana, 7, 217-230 pp.

Gavriloff, I. J. C.; G. Bossi; G. Esteban; N. Nasif & S. Musalem. 1998. El problema estratigráfico de la «Edad» Mamífero Huayqueriense en la Cuenca Santa María-Hualfín (Catamarca, Tucumán y Salta). VII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Bahía Blanca. Resúmenes: 128 pp.

González Bonorino, F. 1950. Geología y Petrografía de las Hojas 12d (Capillitas) y 13d (Andalgalá). Dirección General de Industria Minera, Buenos Aires. Boletín 70.

Latorre, C.; J. Quade & W. C. McIntosh. 1997. The expansion of C4 grasses and global cange in the table Miocene: stable isotope evidence from the Americas. Earth and Planetary Science Letters, Elsevier Science B.V., 146, 83-96 pp.

Marshall, L. G.; R. F. Butler; R. E. Drake; G. H. Curtis & R. H. Tedford. 1979. Calibration of the Great American Interchange. Science, 204, 272-279 pp.

Marshall, L. G. & B. Patterson. 1981. Geology and Geochronology of the Mammal-Bearing Terciary of the Valle de Santa María and Río Corral Quemado, Catamarca Province, Argentina. Fieldiana. Geology. New Series, 9, 1-78 pp.

Miall, A. D. 1977. A review of the braided river. Depositional environment. Earth Science Reviews, 13, 1-62 pp.

Miall, A. D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En: Fluvial Sedimentology. A.D. Miall (Ed.), Canadian Society of Petroleum Geologists: Memoir 5, 1-859 pp.

Middleton, G. V. 1978. Facies. En: Encyclopedia of Sedimentology. Fairbridge, R.W. and Bourgeois, J. (Eds.). Stroudsbutg, Pa., Dowden, Hutchinson and Ross, 323-325 pp.

Muruaga, C. 1998. Estratigrafía y Sedimentología del Terciario superior de la Sierra de Hualfín, entre las localidades de Villavil y San Fernando, Provincia de Catamarca. Tesis Doctoral, inédita. Facultad de Ciencias Naturales e Inst. Miguel Lillo, UNT.

Muruaga, C. y G. Bossi. 1999. Evolución tectosedimentaria de los depósitos neógenos en el borde suroriental de la Puna, Noreste de la Provincia de Catamarca. XIV Congreso Geológico Argentino, Salta, 1, p. 66.

Pascual, R. y O. Odreman Rivas. 1971. Evolución de las comunidades de vertebrados del Terciario Argentino. Los aspectos paleozoogeográficos y paleoclimáticos relacionados. Ameghiniana, VII (3-4), 372-413 pp.

Pascual, R. y O. Odreman Rivas. 1973. Las unidades estratigráficas del Terciario portadores de mamíferos. Su distribución y sus relaciones con los acontecimientos diastróficos. Actas V Congreso Geologico Argentino, 3, 293-338 pp.

Peirano, A. 1956. Observaciones generales sobre la tectónica y los depósitos terciarios del cuadrángulo 26°S, 64°30'O, 28°30'S, 67°O en el Noroeste Argentino. Acta Geológica Lilloana, 1, 1-60 pp.

Powell, J.; P. Mule; P. Ortiz, R. Duarte; J. Sanagua & C. Muruaga. 1998. Mamíferos del Huayqueriense (Mioceno superior) de la Formación Chiquimil (sector occidental de la Sierra de Hualfín), Catamarca, Argentina. Ameghiniana. En prensa.

Prosser, S. 1993. Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. En: Tectonics and seismic sequence stratigraphy. G.D. Williams and A. Dobb (Eds.). Geological Society Special Publication, 71, 35-66 pp.

Riggs, E. S. & B. Patterson. 1939. Stratigraphy of late Miocene and Pliocene deposits of the Province of Catamarca (Argentina). Physis, Buenos Aires. XIV, 143-162 pp.

Sasso, A. 1997. Geological Evolution and Metallogenic Relationships of the farallon Negro Volcanic Complex, NW Argentina. Vol 1, Ph.D. Queens University, Kingston Ontario, Canada.

Steel, R. J. & D. B. Thompson. 1983 Structures y textures in Triassic braided stream coglomerates in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. Sedimentology, 30, 341-368 pp.

Turner, J. 1962. Estratigrafía de la región al naciente de la Laguna Blanca, Catamarca. Revista Asociación Geológica Argentina, XVII (1-2), 11-46 pp.

Walker, R. G. 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. En: Facies Models, Response to Sea Level Change. Walker, R.G. and N.P. James (Eds.) Geological Association of Canada, 1-14pp.

Fecha de ingreso: 30/09/98
Fecha de aceptación: 25/07/00