



Latin American Journal of Sedimentology
and Basin Analysis

E-ISSN: 1851-4979

eschwarz@cig.museo.unlp.edu.ar

Asociación Argentina de Sedimentología
Argentina

MURUAGA, Claudia M.

Estratigrafía y desarrollo tectosedimentario de los sedimentos terciarios en los
alrededores de la Sierra de Hualfín, borde suroriental de la Puna, Catamarca, Argentina
Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, vol. 8, núm. 1, julio, 2001,
pp. 27-50

Asociación Argentina de Sedimentología
Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=381747740002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Estratigrafía y desarrollo tectosedimentario de los sedimentos terciarios en los alrededores de la Sierra de Hualfín, borde suroriental de la Puna, Catamarca, Argentina

Claudia M. MURUAGA¹

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

Resumen. Los afloramientos terciarios en los alrededores de las Sierras de Hualfín-Las Cuevas (Provincia de Catamarca, Argentina) constituyen una potente sucesión de sedimentos clásticos (arenosos y conglomerádicos) continentales de aproximadamente 3.000 m de espesor. La Formación Hualfín es la unidad basal de la sucesión, de probable edad cretácica. El resto de las formaciones, pertenecientes al Grupo Santa María (Mioceno medio al Plioceno), son: Las Arcas, Chiquimil, Andalhuala y Corral Quemado. La Formación Chiquimil se encuentra subdividida en tres miembros, a los que denominamos formalmente como Los Baños (inferior), El Áspero (intermedio) y El Jarillal (superior).

La subcuenca de Hualfín forma parte de una cuenca continental intracratónica (Cuenca de Santa María-Hualfín) en la que se distinguieron dos áreas de sedimentación: una cercana al borde de cuenca (perfil El Durazno) con depósitos de abanicos aluviales, y otra más distal (perfil Río Villavil) con características axiales. Existen dos etapas tectónicas bien marcadas en la evolución de la subcuenca: una extensiva y otra de inversión, en un marco tectónico regional compresivo. En la primera se produjo el espacio de acomodación por fallamiento normal de alto ángulo. Posteriormente la deformación se hizo netamente compresiva hacia los 3,5 Ma. La evolución tectosedimentaria incluye cinco estadios sedimentarios. El primero está representado por la Formación Hualfín con sedimentación axial de flujos de alta energía y efímeros. El segundo estadio, constituido por las Formaciones Las Arcas y Chiquimil con sus tres miembros, corresponde a una etapa de mayor subsidencia tectónica en la cuenca. La sedimentación continua siendo de tipo axial, con condiciones de flujo de alta energía y efímeros alternantes con eventos canalizados. El Miembro El Áspero se caracteriza por un gran aporte de sedimentos volcánicoclásticos a la cuenca. El tercer estadio representa una etapa de subsidencia térmica con la depositación de una potente sucesión clástica de la Formación Andalhuala, con progradación de facies más proximales de planicie de ríos entrelazados. Estos tres primeros estadios se incluyen en la primera fase extensional. En el cuarto estadio se produce un cambio abrupto en la sedimentación neógena con una primera etapa de inversión de la cuenca, junto a la instalación de abanicos aluviales (Fm. Corral Quemado). El quinto estadio, representado por depósitos de piedemonte de poco espesor (Punaschotter), es el producto del levantamiento final de las sierras circundantes a su actual posición.

Palabras Clave: Estratigrafía, Terciario superior, Grupo Santa María, Rifting, Inversión.

Key words: Stratigraphy, Upper Tertiary, Santa Maria Group, Rifting, Inversion.

EXTENDED ABSTRACT

Stratigraphy and tectosedimentary development of the Tertiary sediments in the Sierra de Hualfín area, southeastern margin of the Puna, Catamarca, Argentina.

Tertiary sediments, outcropping around the Hualfín-Las Cuevas Range, Catamarca Province, Argentina (Fig. 1) reveal 3,000 m of alluvial continental clastic sediments. Previous

work includes many studies of this area, mainly motivated by the exceptional mammalian fauna the sediments contain (Stahlecker, 1926 en Riggs y Patterson, 1939; Cabrera, 1937, 1944; Pascual y Odreman Rivas, 1971; Marshall et al., 1979; Marshall y Patterson, 1981; Butler et al., 1984; Allmendinger, 1986; Bossi et al., 1987, 1993, 1994; Flynn y Swisher, 1995; Gavriloff et al., 1998; Powell et al., 1998; Esteban y Nasif, 1999; Esteban et al., 1999). Detailed sedimentary facies

analysis, provenance and compositional studies in sandstones and conglomerates, petrology and shale mineralogy and paleontologic studies were made in the sedimentary succession (Muruaga, 1998).

The lithostratigraphic scheme and its correlation with other units defined for adjacent areas are shown in figure 2. In the study area, the Hualfín Formation is defined as the basal unit (Lower Cretaceous) of the tertiary sediments. The overlying formations belong to the Santa María Group (Middle Miocene to Pliocene), having a stratotype at the Santa María Valley (Bossi y Palma, 1982), including the Las Arcas, Chiquimil, Andalhuala and Corral Quemado Formations. The Chiquimil Formation is divided into three members in the Puerta de Corral Quemado-Villavil area, now formally named the Los Baños (lower), El Áspero (middle) and El Jarillal (upper) Members.

Two sedimentation settings have been distinguished (Muruaga, 1998). The first, 3,500 m thick, dominated by braided river fluvial plain (Rio Villavil section, Fig. 3 and 4) and the other of 2,300 m thick, by alluvial fans and close to the basin border (El Durazno section, Fig. 5). The paleocurrents and provenance data (Table 3) indicate that the Puna block and Altohuasi-Culampajá and Papachacra Ranges were the source areas of the Neogene sediments in the Hualfín Basin.

The sedimentary filling and tectonic characteristics allow the definition of an intracratonic basin (Klein, 1996), with the formation of asymmetric half-grabens on both sides of a lithospheric arch. Two tectonic stages were defined in the basin (Muruaga, 1998; Bossi et al., 1999, 2000; Muruaga y Bossi, 1999), an extensional stage and an inversion stage.

INTRODUCCIÓN

La espesa sucesión sedimentaria terciaria aflorante en las inmediaciones de Hualfín, Villavil y Puerta de Corral Quemado (Fig. 1) ha sido objeto de varios estudios estratigráficos y estructurales (Stahlecker, 1926 en Riggs y Patterson, 1939; Peirano, 1956; Marshall et al., 1979; Butler et al., 1984; Bossi et al., 1987, 1993, 1994; Allmendinger, 1986; Flynn y Swisher, 1995; Gavriloff et al., 1998), principalmente motivados por la presencia de una importante fauna de vertebrados fósiles (terrestres y de agua dulce) (Cabrera, 1937, 1944; Riggs y Patterson, 1939; Pascual y Odreman Rivas, 1971; Marshall y Patterson, 1981; Powell et al., 1998; Esteban y Nasif, 1999; Esteban et al., 1999).

El estudio sedimentológico detallado de las sedimentitas terciarias aflorantes en los alrededores de la Sierra de Hualfín (Muruaga, 1998) constituyó un aporte a la estratigrafía de las rocas sedimentarias clásticas en el borde suroriental del bloque de Puna. En el presente trabajo se refiere como subcuenca de Hualfín a una porción de la

During the extension phase, the accommodation space was produced by high-angle normal faulting. The Farallón Negro Complex (with a maximum date of 12 ± 2 Ma, Linares y González, 1990) is part of the initial magmatism associated with rifting. Subsequently during the inversion stage, the deformation became clearly compressive after 3.5 Ma and the initial configuration of the basin was modified. Inversion of some preexistent fault planes and high-angle inverted faults were created at the borders of the basin, along which basement blocks thrust up onto the sedimentary succession.

The evolution of the basin includes five stages. Stage 1 is represented by Hualfín Formation sheetflood regime sedimentation, strongly controlled by normal faulting (Fig. 9a). Stage 2, sediments include Las Arcas Formation and the three members of the Chiquimil Formation and correlate to the stage of maximum tectonic subsidence. The sedimentation is axial with well-developed channels and sporadic high flood conditions. The El Áspero Member is characterized by a dominant volcanoclastic sedimentary supply that enters the basin coming from the NW, with andesitic extrusive bodies (9.14 ± 0.02 Ma, Sasso, 1997) (Figs. 9 b, c and d). Stage 3 involves the thermal subsidence stage and is defined by the deposition of a thicker clastic succession (Andalhuala Formation) composed of proximal braided river facies. Stage 4 consists of the abrupt change to alluvial fans sequences (3.5 Ma) of the Corral Quemado Formation, related to the basin inversion. Finally, Stage 5, represented by Punaschotter, is the result of final uplift of the surrounding ranges and is dominated by coarse conglomerate facies.

cuenca de Santa María-Hualfín físicamente separada de la misma, con depocentro propio pero temporalmente relacionadas. Los sedimentos terciarios en este sector de las Sierras Pampeanas Noroccidentales, antiguamente subdivididos en Santamariano (o Calchaquense) y Araucanense (Frenguelli, 1930; González Bonorino, 1950), fueron homologados a las unidades pertenecientes al Grupo Santa María del valle homónimo (Bossi et al., 1987), y son sometidos a un ajuste en la nomenclatura litoestratigráfica que será expuesta más adelante.

Cabe acotar que, para esta época, se desarrollaron una gran variedad de ambientes sedimentarios en las diferentes cuencas sedimentarias terciarias del Noroeste argentino, en los ámbitos de Cordillera Oriental y Sierras Subandinas, borde suroriental de la Puna y Sierras Pampeanas Noroccidentales. Esto ha generado una amplia variedad de nombres formacionales en la nomenclatura estratigráfica, lo que dificulta la correlación de las diferentes unidades, más allá de tratarse de bolsones separados uno de otros, no siem-

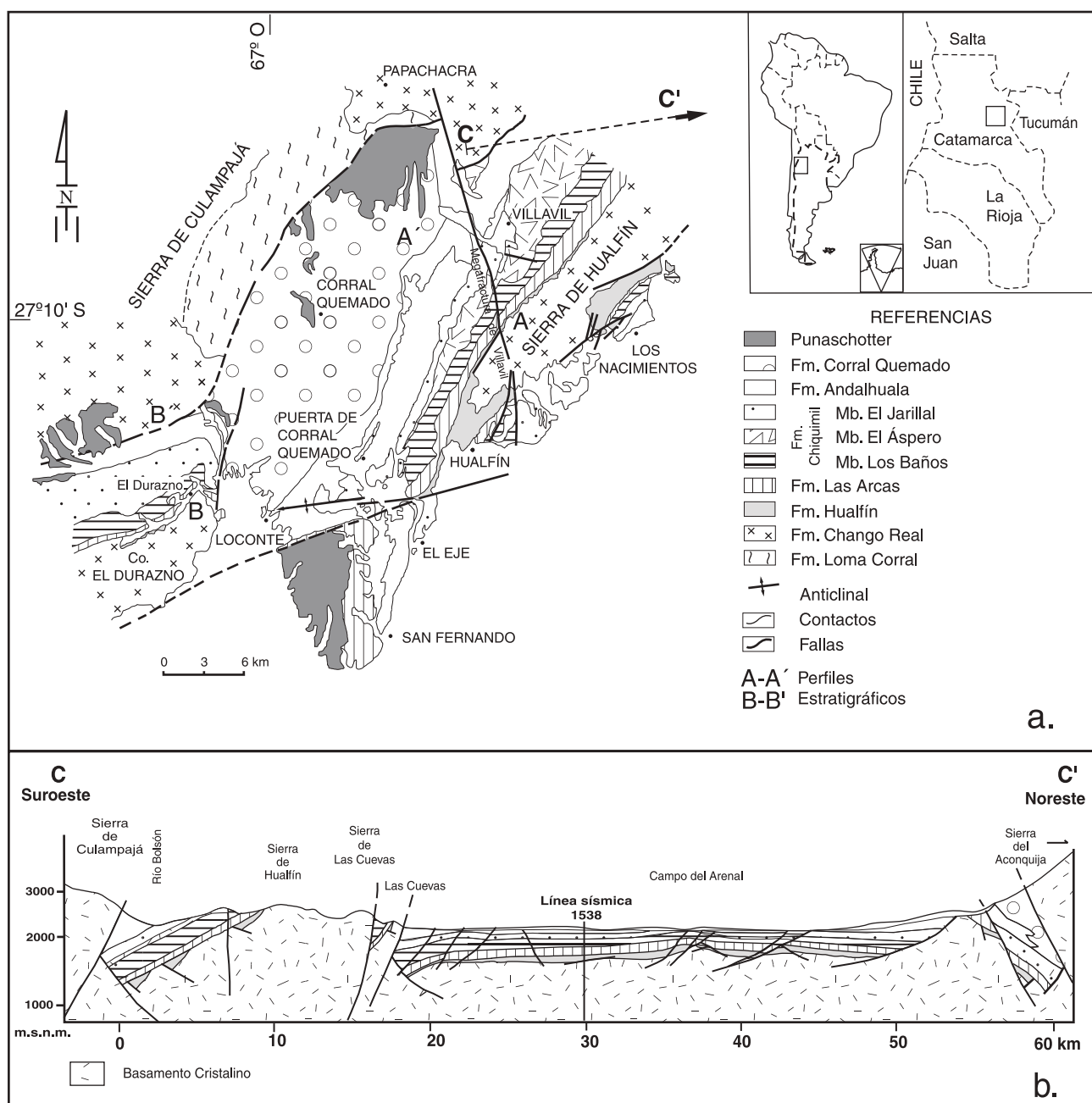


Figura 1: a. Mapa Geológico de la Sierra de Hualfín y El Durazno (Este de la Provincia de Catamarca). A-A': Perfil Río Villavil. B-B': Perfil El Durazno. b. Sección transversal C-C' con información adicional obtenida de la línea sísmica 1549 (YPF).

Figure 1: a. Geologic map of Hualfin Range and El Durazno Hill (East of the Catamarca Province). A-A': Río Villavil section. B-B': El Durazno section. b. Cross section C-C' with additional information from seismic line 1549 (YPF).

pre simultáneos en la sedimentación.

El objetivo principal de esta contribución es brindar una descripción sedimentológica detallada de la columna sedimentaria terciaria de la zona de estudio, su interpretación paleoambiental y la evolución del relleno sedimentario, de manera de contar con medios adecuados para una futura correla-

ción con las zonas aledañas.

ESTRATIGRAFÍA

Las rocas aflorantes integran: 1) Basamento cristalino compuestos por metamorfitas de bajo grado de la Formación Loma Corral (Precámbrico-

Cámbrico inferior) intruídas por ortogneis graníticos de la Formación Chango Real (Cámbrico), 2) Sedimentitas del Terciario que cubren en discordancia al basamento; regionalmente, esta discordancia conforma una peniplanicie y 3) Sedimentos cuaternarios con depósitos de acarreo (abanicos aluviales, coluviales, terrazas fluviales y dunas eólicas).

La sucesión sedimentaria está presente en ambas vertientes de las Sierras de Hualfín-Las Cuevas (Fig. 1 a y b) distribuida periclinamente alrededor de los núcleos de basamento, con afloramientos continuos hacia el Oeste de las sierras. Las capas muestran una estructura homoclinal, con rumbos predominantes NNE-SSO, adosadas a la superficie de denudación del basamento, cuya inclinación disminuye hacia el Oeste hasta la localidad de Corral Quemado, donde conforman un suave sinclinal.

Los sedimentos terciarios se exponen también al norte del cerro El Durazno en forma continua (Fig. 1a). El tope de la sucesión en ambos casos es cabalgada por escamas del basamento cristalino, me-

diante fallas inversas de alto ángulo, que constituyen el borde oriental de la Sierra de Culampajá. Es importante remarcar la presencia de una gran estructura, la megafactura de Villavil, con orientación NO-SE y movimiento transcurrente dextral (Fig 1a)

En la figura 2 se presenta la nomenclatura litoestratigráfica definida para la zona de estudio y su correlación con la propuesta por otros autores para zonas adyacentes como el valle del Cajón (Turner, 1962) y Valle de Santa María (Bossi y Palma, 1982).

METODOLOGÍA

Dos perfiles sedimentológicos de detalle fueron relevados:

a) *Perfil Río Villavil*, en las inmediaciones de la localidad de Villavil (Figs. 1 y 3), a escala 1:40. Los afloramientos terciarios en este sector poseen un espesor total de aproximadamente 3.500 m.

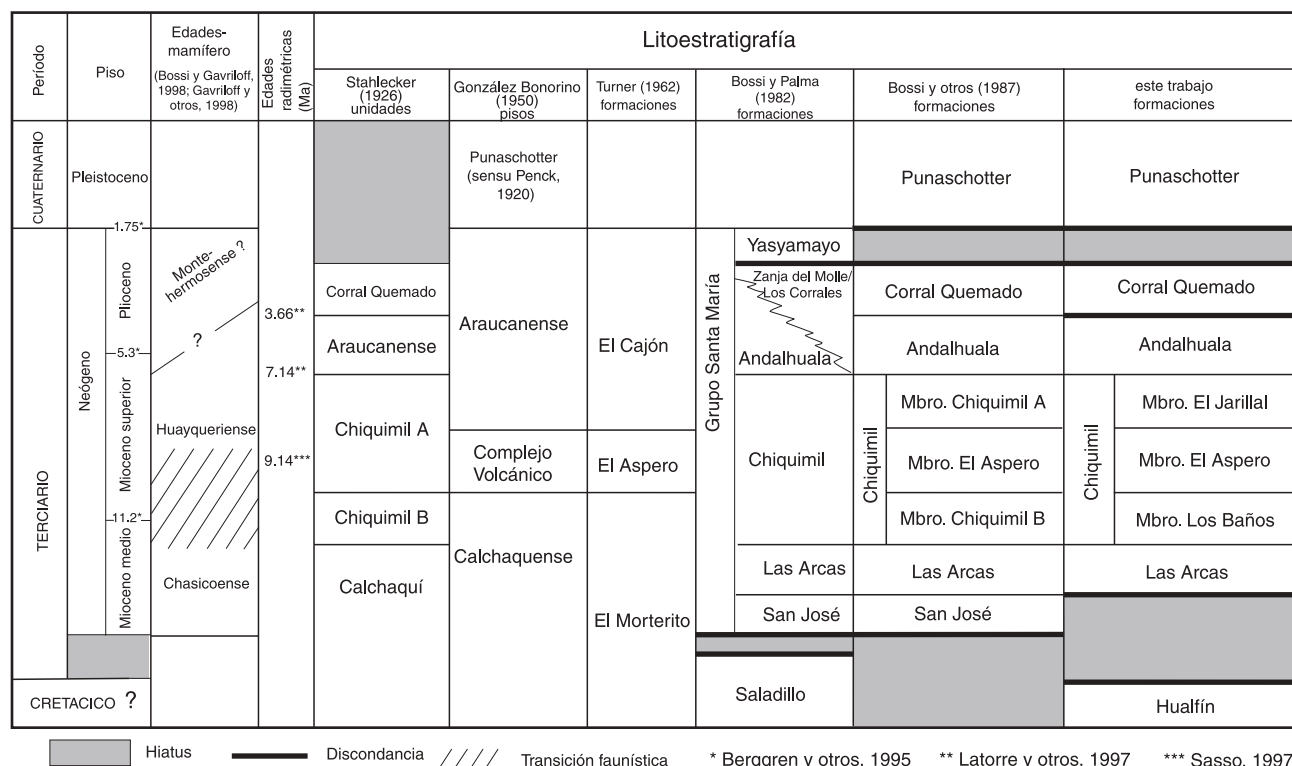


Figura 2: Esquema litoestratigráfico del Cenozoico y sus correlaciones con unidades propuestas por otros autores en la localidad de Puerta de Corral Quemado y cuencas aledañas (Valle del Cajón, Turner, 1962; Valle de Santa María, Bossi y Palma, 1982).

Figure 2: Lithostratigraphic scheme of the Cenozoic and their correlation with proposed units by other authors in the Puerta de Corral Quemado locality and surrounding basins (Cajón Valley, Turner, 1962; Santa María Valley, Bossi y Palma, 1982).

b) *Perfil El Durazno*, en las cercanías de la localidad de El Durazno, al Sudoeste de la zona de estudio (Fig. 1 y 4) paralelo a la traza del Río Vallecito, a escala 1:100. El mismo tiene un espesor expuesto de sedimentos de 2.300 m. Las unidades presentan características diferentes a las descritas 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 facies propuesto por Miall (1977, 1978) con algunas modificaciones como se indican en la Tabla 1.

Posteriormente, estas facies fueron agrupadas en 11 asociaciones de facies (Tabla 2), las que reflejan la actividad de un proceso sedimentario determinado y ayudan en la diagnosis del medio sedimentario involucrado, ordenadas en orden decreciente de energía de transporte.

Para sintetizar la información de detalle obtenida en cada perfil y unificar las escalas, los mismos fueron redibujados según las asociaciones de facies presentes (Figs. 3, 4 y 5). La frecuencia de las asociaciones de facies se muestran en los histogramas representados a la par de cada unidad; los esquemas litofaciales a la par de cada unidad muestran los detalles de las secuencias verticales de facies.

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

Formación Hualfín (Nom.Nov.)

La Formación Hualfín, unidad basal de la sucesión sedimentaria aflorante, constituye una sucesión predominantemente arenosa, rojo ladrillo oscuro a violácea. La localidad tipo y el área tipo se ubican en la ladera occidental de la Sierra de Hualfín y están representada por los afloramientos en ambas márgenes del Río Villavil, entre las localidades de Villavil y Hualfín. Cubre periclinalmente el extremo sur de la sierra de Hualfín. Hacia la ladera oriental de las Sierras de Hualfín y Las Cuevas, sólo se expone en Los Nacimientos y en la localidad de Río Las Cuevas (más al Norte del área de estudio), adosada en ambos casos a la peniplanicie (Fig. 1). En el cerro El Durazno, la Formación Hualfín presenta afloramientos reducidos, con una extensión de no más de 3 km en la margen sur del Río El Tolar.

Yace en disconformidad sobre el basamento cristalino granítico (Formación Chango Real) y en discordancia angular sobre los esquistos de la Formación Loma Corral. En Los Nacimientos, la discordancia con el basamento es de tipo progresiva (Riba, 1976) (Fig. 6), producida por la actividad de fallas normales que involucraron los bloques de basamento. La Formación Hualfín presenta grandes variaciones locales de su espesor ligadas a su naturaleza discontinua con un típico diseño de arpón, con espesores máximos sobre el labio hundido de las fallas normales planas orientadas NO-SE y buzantes al sur, observadas en primera instancia por el Dr. Bossi realizando la interpretación de las líneas sísmicas en el Campo del Arenal (Fig. 1) y luego en afloramientos sobre las márgenes del Río Villavil (R/Bz: 300°/74°, Fig. 7). El contacto superior es una discordancia erosiva localmente angular con la Formación Las Arcas, caracterizado por la presencia, en el área de estudio, de un horizonte de material volcánico alóctono de pequeño tamaño constituido por paraclastos de toba retrabajados.

En su perfil tipo (Río Villavil, 130 m), la Formación Hualfín está constituida por areniscas finas y medias, macizas o laminadas (asociación de facies SH), rodados dispersos tamaño arena gruesa y paraclastos pelíticos, en estratos múltiples de 1 a 2 m de espesor individual. Interestratifican con éstos, delgados bancos de pelitas macizas o laminadas (FI) (Fig. 3). La parte inferior de esta unidad consiste en areniscas conglomerádicas y delgados lentes de conglomerados finos (asoc. de facies GM). En el perfil de El Durazno (50 m), se compone de areniscas finas, macizas o con estructuras laminadas y cruzadas en artesa (asoc. de facies SH), con esporádicos y delgados niveles pelíticos heterolíticos (asoc. de facies FM, Fig. 5).

El grado de diagénesis presente en las areniscas es mayor que el conocido para el resto de las unidades. Afloramientos de esta misma unidad observados en el río Lajas (lado oeste de la sierra de Zapata), a unos 80 km al suroeste de la localidad de Hualfín, presentan espesores de alrededor de 400 m (Bossi y Georgieff, com.pers.). Rossello et al. (1999) describieron y dataron un basalto en La Puerta de San José (bloque noroccidental de la Sierra de Belén) 131 ± 4 Ma (K - Ar) sobreyacente a sedimentos castaños rojizos con tonalidades naranjas, muy parecidos a los descriptos para la Formación Hualfín. No se descarta entonces, que esta unidad basal tenga una edad mínima cretácica inferior. Por esta razón, se la considera independiente a las formaciones que integran el Grupo Santa María.

GRUPO SANTA MARIA

Formación Las Arcas (Galván y Ruiz Huidobro, 1965)

Los afloramientos de la Formación Las Arcas pueden reconocerse a lo largo de la ladera occidental de la sierra de Hualfín-Las Cuevas en forma continua. En el cerro El Durazno, la Formación Las Arcas se expone también según una faja continua de aproximadamente 10 km de extensión en las márgenes norte de los ríos Tolar y El Durazno, en todos los casos discordante sobre la Formación Hualfín (Fig. 7). Está integrada, en el perfil Río Villavil (226 m, Fig. 3), por areniscas finas y medias, macizas o con laminación paralela o inclinada de bajo ángulo, rojo ladrillo a castañas rojizas, rodados dispersos, paraclastos pelíticos, frecuentemente alineados y barquillos (asoc. de facies SH) (Fig. 8 a). Se observan eventos multiepisódicos de estas facies con estratos individuales de hasta 2 m de espesor, tabulares y de base plana, con un aspecto característico de bochones producto de la meteorización.

Las areniscas finas están bioturbadas, con pedotúbulos, calcretos y algunos moteados, características que aumentan su proporción en la parte superior de esta unidad, acompañada de un ligero incremento en el porcentaje de la asociación de facies GM, representadas por estratos conglomerádicos macizos de poco espesor (0.20m promedio con estratos de hasta 1 m), con base irregular erosiva de poco relieve. Estas facies conglomerádicas no poseen estructuras imbricadas y se presentan normalmente en la base de cuerpos de areniscas gruesas laminadas o macizas.

Las facies pelíticas se presentan como delgadas intercalaciones de pelitas con grietas de desecación y areniscas finas muy bioturbadas y moteadas, en una sucesión heterolítica (asoc. de facies FM) (Fig. 8b), o como paquetes macizos o laminados de hasta 2 m de potencia con grietas de desecación (asoc. de facies FI, Fig. 8c).

En el perfil El Durazno (179 m), la Formación Las Arcas se caracteriza por una mayor participación de los niveles conglomerádicos y predominio de areniscas con estratificación cruzada tangencial simple y tabular planar (asoc. de facies SP, Fig. 8d) junto a aquellas con laminación paralela (asoc. de facies SH, Fig. 5). La presencia de la asociación de facies gravosa GM es escasa. Hacia el tope de esta unidad se intercala una sucesión de 30 m de espesor aproximado representada por la asociación de facies SE de facies arenosas muy bien seleccionada

con estratificaciones cruzadas de gran escala. La asociación de facies FM muestra marcas de raíces, bioturbación animal, moteado y grietas de desecación.

Formación Chiquimil (Bossi y Palma, 1982)

Muruaga (1998, 2000) propuso denominar formalmente, bajo las normas del Código Argentino de Estratigrafía (1992), a los tres miembros de la Formación Chiquimil como: Los Baños, El Áspero y El Jarillal, antiguamente mencionados como B, El Áspero y A (Stahlecker, 1926 en Riggs y Patterson 1939; Marshall et al., 1979; Bossi et al., 1987; Bossi et al., 1993), respectivamente (Fig. 2).

Miembro Los Baños (Nom. Nov.): yace en contacto concordante, a veces transicional, sobre la Formación Las Arcas. En el perfil del río Villavil (498 m)(Fig. 3) se diferencia de la unidad anterior por sus colores castaño-amarillentos y la aparición de niveles arenosos y conglomerádicos con estratificación cruzada tangencial y en artesa, interestratificados como lentes en la base de ciclos granodecrecientes de espesores promedio de 5 m (asoc. de facies SP y GP); las pelitas se preservan en el tope de estos ciclos (asoc. de facies FI). La asociación de facies SH continua siendo la predominante en la sucesión sedimentaria, con abundantes rodados dispersos, paraclastos pelíticos y de toba, calcretos, pedotúbulos, rizoconcreciones y marcas de raíces. Hacia la parte superior de este miembro, se observa la alternancia conspicua de las asociaciones de facies SH y FI, ésta última con niveles cada vez más espesos, lo que le confiere un carácter general granodecreciente a toda la unidad.

En el perfil El Durazno (Fig. 5), el Miembro Los Baños (230 m) se caracteriza por la gran continuidad lateral de los estratos. Las asociaciones de facies arenosas interestratificadas son las más conspicuas en este perfil (SH y SM). La SM se compone de facies arenosas en estratos tabulares de profuso apilamiento con frecuentes intercalaciones de lentes conglomerádicas delgadas continuas lateralmente, con contactos difusos (Fig. 8e).

A su vez, la asociación de facies conglomerádica GP muestra un notable incremento con respecto a la Formación Las Arcas subyacente. La participación de facies pelíticas en esta unidad es bastante escasa, evidenciadas por la presencia de delgadas intercalaciones de la asociación de facies FM, hacia el tope de los eventos multiepisódicos arenosos.

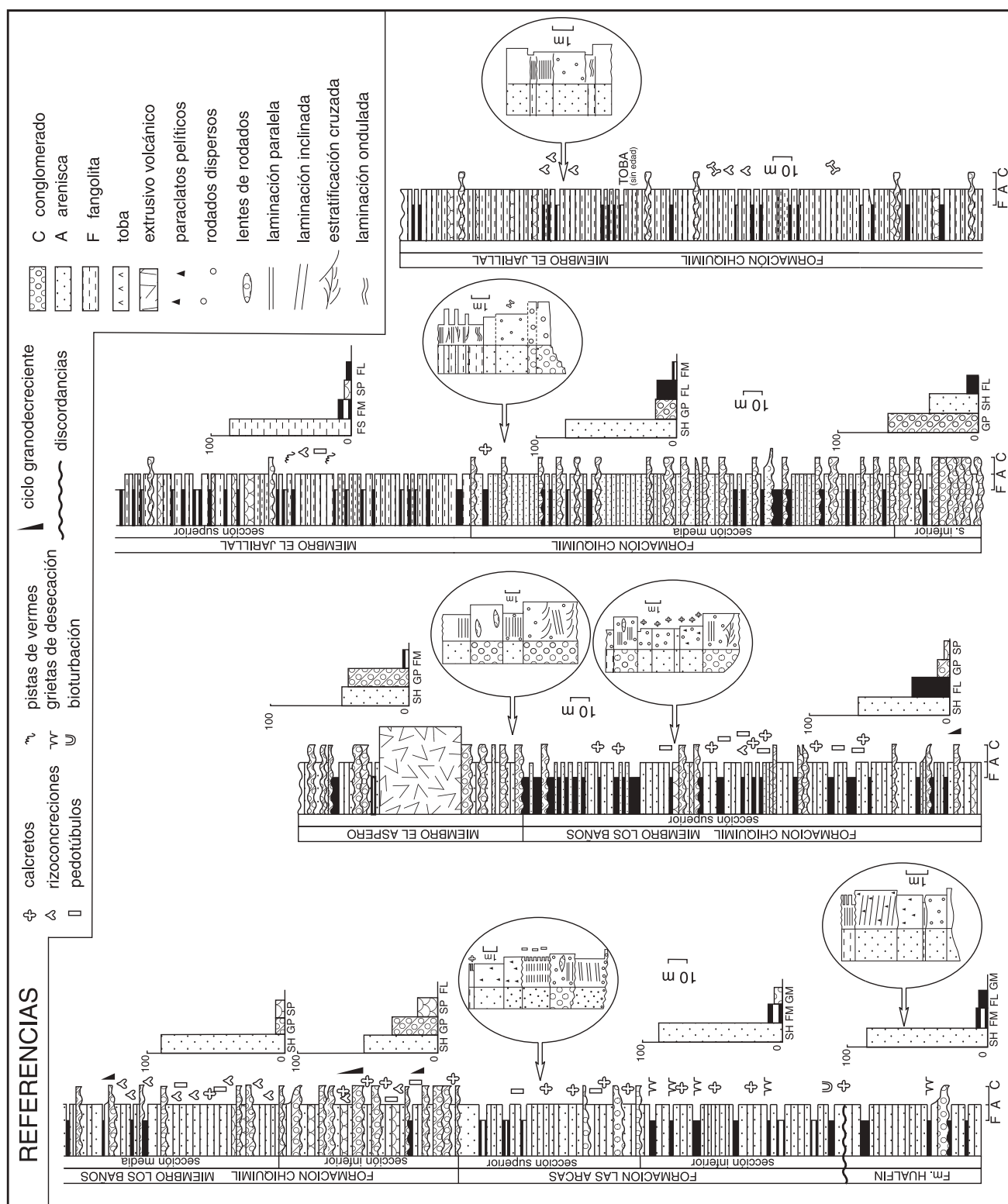


Figura 3: Perfil sedimentológico Río Villavil, redibujado sobre la base de las asociaciones de facies determinadas. Formaciones Hualfin, Las Arcas y Chiquimil (Miembros Los Baños, El Áspero y El Jarillal). Las sucesiones enmarcadas en círculos de menor escala muestran las secuencias verticales de facies características de cada unidad litoestratigráfica.

Figure 3: Río Villavil sedimentologic section, redrawn by means of the determined facies associations. Hualfin, Las Arcas and Chiquimil Formations (Los Baños, El Áspero and El Jarillal Members). The circled areas show the vertical sequences of facies of every lithostratigraphic unit.

Claudia MURUAGA

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 matrizsoporte arenosa	Maciza	Tabular. Base plana	Flujos hiperconcentrados
Gmsv	brecha polimíctica matrizsoporte volcánica	Maciza	Tabular sin base erosiva	Lahares
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 (?)
Spe	arenisca bien seleccionada	Estratificación cruzada de gran escala	Tabular	Dunas eólicas
Sme	arenisca bien seleccionada	Maciza	Tabular	Base de duna. Mantos arenosos eólicos. Bioturbación.
She	arenisca bien seleccionada	Laminación paralela	Tabular	Láminas arenosas eólicas. Interduna o base de duna.
FSm	pelita arenosa	Maciza	Tabular	Crecidas laminares distales
Fh	pelita	Laminación paralela	Tabular a lenticular	Decantación 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
V	andesita	--	--	Coladas lávicas

a: en los códigos de facies fueron utilizadas las mismas letras que las usadas por Miall (1977) debido a su uso más generalizado.

Tabla 1: Tabla de litofacies y sus códigos (adaptado de Miall, 1977,1978).

Table 1: Lithofacies table and their codes (adapted from Miall, 1977, 1978).

Miembro El Áspero (Bossi et al., 1987): el Miembro El Áspero muestra un carácter lenticular en la ladera occidental de la Sierra de Hualfín, con una evidente disminución de espesor y desaparición hacia el Sur, cerca de la Puerta de Corral Quemado (Fig. 1). El espesor medido en la quebrada del río Villavil es de unos 131m y de hasta 220 m entre el Bolsón y Las Cuevas, más al norte del área de estudio. En la ladera oriental de la Sierra de Hualfín, afloran pequeños retazos del Miembro El Áspero tomados por falla, siendo difícil la estimación de espesores de dicha unidad debido a la intensa deformación tectónica de los estratos.

Muestra un apilamiento de estratos de conglomerados medianos con estratificación horizontal o macizos, verdosos de composición volcánica (asoc. de facies GP) alternante con areniscas finas y medias mal seleccionadas, con paraclastos, rodados dispersos y lentes de rodados (asoc. de facies SH). La asociación de facies pelítica (FI) es escasa. Incluye en su parte media una intercalación volcánica integrada por coladas lávicas de composición andesítica (50 m de espesor), diques lamprofíricos y clásticos (Fig. 3).

En el Cerro El Durazno, un conjunto de estratos verdes de composición volcánica de aproximadamente 10 m de espesor fueron considerados el equivalente del Miembro El Áspero (Fig. 5), en este sector del área de estudio. De esta manera, constituyó el nivel guía para la correlación de las demás unidades entre ambos perfiles, al no contar con dataciones radimétricas que definan líneas de tiempo.

Miembro El Jarillal (Nom. Nov.): se propone este nombre para el miembro superior de la Formación Chiquimil, debido a que la unidad se expone extensamente en el Campo del Jarillal, entre las Sierras de Hualfín y Culampajá. Los afloramientos son continuos hasta Puerta de Corral Quemado donde constituye el núcleo del anticlinal con eje buzante hacia Loconte. Hacia el lado oriental de la Sierra de Hualfín, se presenta saltuariamente en los Nacimientos de Abajo, 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, fuera del área de estudio.

El Miembro El Jarillal apoya concordantemente sobre el Miembro El Áspero, representada en el río Villavil por una sucesión granodecreciente (760 m, Fig. 3), de colores castaños a verde-amarillentos.

Se inicia con un predominio de facies conglomerádicas, representadas a su vez por ciclos granodecrecientes, donde se interestratifican las asociaciones de facies GP, SH y FI. Luego la sucesión se hace más arenosa, predominando los estratos arenosos laminados (SH) también en ciclos granodecrecientes con la asociación de facies FI hacia el techo de cada ciclo. La parte superior la sucesión es predominantemente areno-pelítica, en estratos tabulares y muy continuos, con predominio de las asociaciones de facies FS, FM y FI. Esta porción se caracteriza por la presencia de abundante cantidad de restos fósiles de vertebrados (Powell et al., 1998) y restos vegetales carbonizados en las intercalaciones pelíticas. Estos últimos fueron determinados como posibles restos de hojas de plantas monocotiledóneas de la especie Equisetaceae.

En el río El Durazno, la sucesión del Miembro El Jarillal (900 m) es básicamente granocreciente (Fig. 5) a diferencia del perfil del río Villavil. Hacia la parte inferior es predominantemente arenosa (asoc. de facies SM y SH interestratificadas). A medida que se asciende estratigráficamente se observa un aumento importante en la proporción de conglomerados con estratificación cruzada y un profuso apilamiento de los mismos hacia el techo (asoc. de facies GP), con imbricación muy pobre o inexistente.

Formación Andalhuala (Rassmus, 1919)

La Formación Andalhuala es una de las unidades mejor expuestas de la sucesión neógena al Oeste de la Sierra de Hualfín, en la margen oeste del Río El Jarillal hasta Puerta de Corral Quemado, formando parte del gran anticlinal cuyo eje buza hacia Loconte y sigue hacia el Sur en El Eje y San Fernando. En el extremo SO del área estudiada constituye el tope de la sucesión neógena al Norte del Cerro El Durazno, cabalgada por el basamento.

Concordante sobre el Miembro El Jarillal, la Formación Andalhuala constituye una sucesión arenosa castaño clara a grisácea (904 m, Fig. 4) en estratos tabulares bastante continuos lateralmente. En la parte inferior está representada por estratos amalgamados de areniscas finas y medias con abundantes paraclastos pelíticos y rodados dispersos, laminados o macizos (asoc. de facies SH). En ésta son muy frecuentes bioturbaciones, pedotúbulos, rizoconcreciones y calcretos, con algunos niveles de paleosuelos muy poco desarrollados hacia el tope de los estratos arenosos. Contiene intercalaciones conglomerádicas de base erosiva y de mayor espe-

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

Tabla 2: Tabla de asociaciones de facies. Frecuencia: Sm: litofacies abundantes; Sm: litofacies frecuentes; (Sh): litofacies minoritarias.

Table 2: Facies associations table. Frequency Sm: most frequent lithofacies; Sm: frequent lithofacies; (Sh): minor lithofacies.

sor (1 m de espesor promedio), macizos con imbricación y estructuras cruzadas de base irregular erosiva (GP) (Fig. 8f), que la distinguen del Miembro El Jarillal. La participación de la asociación de facies FM queda evidenciada por delgadas intercalaciones de pelitas macizas o laminadas y areniscas macizas.

A unos 300 m del contacto con el Miembro el Jarillal se expone una toba, que por su gran expresión areal se infiere que corresponde a la datada en $7,14 \pm 0.02$ Ma por Latorre et al. (1997) y 6.68 ± 0.02 Ma por Marshall et al. (1979), en Puerta de Corral Quemado (Toba del Puerto). Está representada por 2.5 m de espesor de una arenisca media y

a gruesa tobácea con estratificación tabular centimétrica y laminación paralela; acompaña a la misma una sucesión arenosa con abundantes paraclastos tobáceos, con laminación paralela y ondulítica, producto del retrabajado de la toba. Esta caída de cenizas constituye un excelente línea tiempo, que nos lleva a determinar un límite diacrónico para el contacto entre el Miembro El Jarillal y la Formación Andalhuala. Mientras que en la traza del perfil dicha toba se encuentra incluida totalmente en la Formación Andalhuala, en su porción inferior, hacia el Sur constituye el estrato límite entre ambas formaciones.

La presencia de vertebrados fósiles de edad

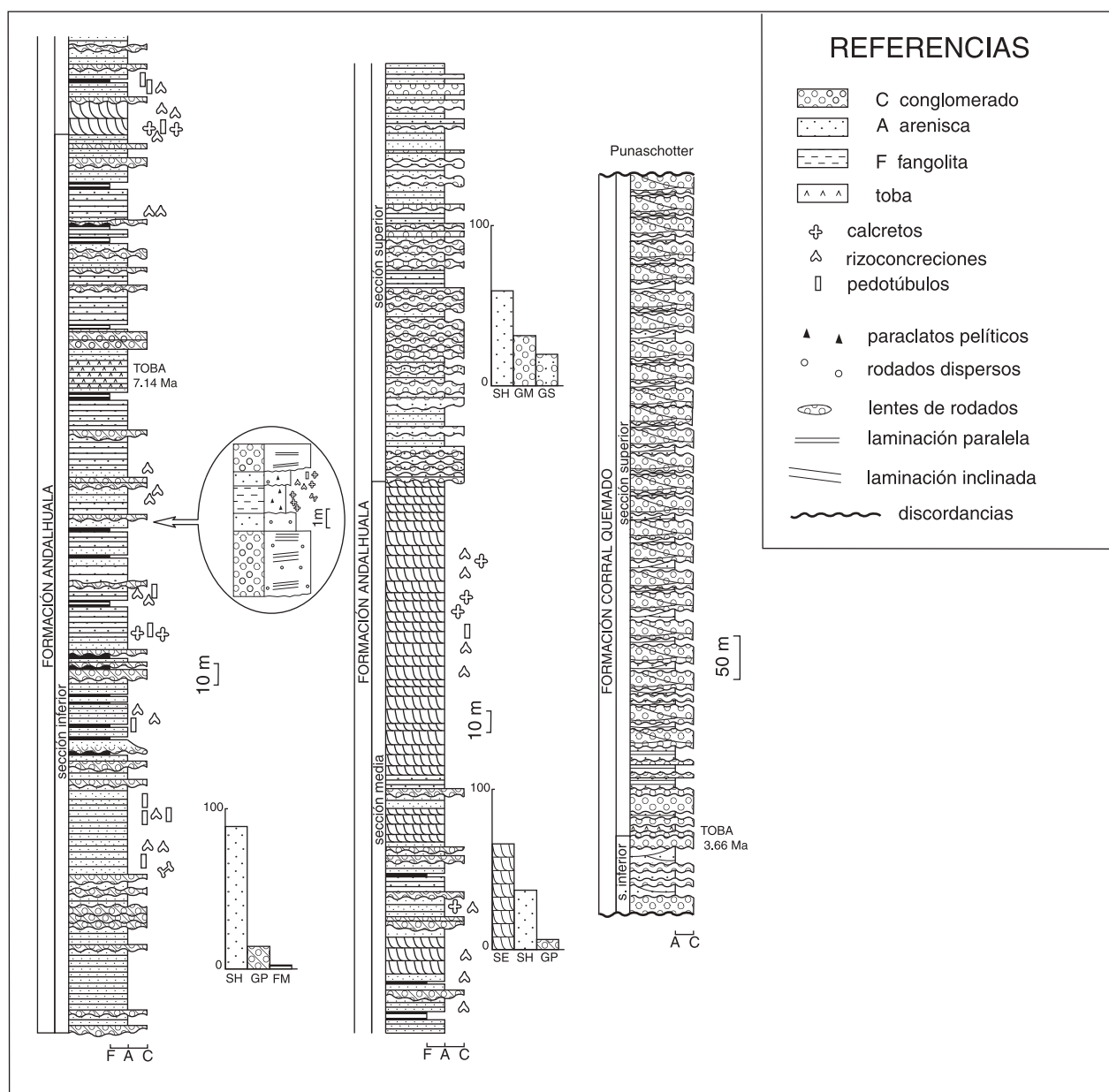


Figura 4: Perfil sedimentológico Río Villavil, redibujado sobre la base de las asociaciones de facies determinadas. Formaciones Andalhuala y Corral Quemado. Las sucesiones enmarcadas en círculos de menor escala muestran las secuencias verticales de facies características de cada unidad litoestratigráfica.

Figure 4: Río Villavil sedimentologic section, redrawn by means of the determined facies associations. Andalhuala and Corral Quemado Formations. The circled areas show the vertical sequences of facies of every litostratigraphic unit.

Huayqueriense en esta porción inferior de la Formación Andalhuala, evidenciaría un desfase entre la edad mamífero y la radiométrica de la formación, representando una fauna relictica huayqueriense dentro de la Edad Mamífero Montehermosense de América del Sur (Gavriloff et al., 1998; Bossi y Gavriloff, 1998; Fig. 2).

En la parte media de esta unidad se intercala

una espesa sucesión arenosa de la asociación de facies SE que incluye paquetes de areniscas finas muy bien seleccionadas con estructuras cruzadas de gran escala, en estratos de espesores promedio de 0.50 a 1m con algunos que alcanzan los 3 m. Las direcciones de paleocorrientes medidas en los estratos cruzados tangenciales y planares arrojaron valores promedio de 285°.

Hacia la parte superior de la Formación Andalhuala, los niveles conglomerádicos se hacen más frecuentes, con la participación de las asociaciones de facies GM y GS, interestratificadas entre las SH características. GM se encuentra representada por conglomerados clastosoportados macizos o laminados con pobre imbricación y lentes de areniscas medias intercaladas. Los estratos, tabulares, que en ocasiones se presentan amalgamados, poseen base irregular pero sin estructuras de corte y relleno. La asociación de facies GS está compuesta por conglomerados matrizsoportados con matriz de areniscas gruesas a sabulíticas con gradación normal, en estratos tabulares muy continuos (0.50-1.50 m de espesor promedio) con base plana, a veces irregular pero no erosiva. Normalmente están asociados a areniscas laminadas (SH) hacia el tope de cada evento.

En el río El Durazno, la Formación Andalhuala se presenta con una sucesión similar texturalmente más gruesa (794 m), en la cual se combinan en la porción inferior asociaciones de facies areno-gravosas con SH, SM, GM, y GP relacionadas entre sí en pequeños ciclos y las asociaciones de facies gravosas con la asociación GP en bancos conglomerádicos amalgamados. Los últimos 170 m de esta unidad están representados únicamente por las asociaciones de facies areno-gravosas.

Formación Corral Quemado (Riggs y Patterson, 1939)

Esta unidad es la de mayor exposición areal al Oeste de la Sierra de Hualfín con un espesor total de 850 m. Su contacto con la formación Andalhuala es neto y bien visible regionalmente. Muy probablemente se trata de un contacto discordante pero no fue posible observar su angularidad por la disposición de los afloramientos. Con él se marca el predominio total de las facies conglomerádicas finas y medias clastosoportadas, matriz arenosa gruesa, con guijones y bloques dispersos en estratos tabulares a lenticulares gruesos (0.80 a 1.50 m de espesor promedio) amalgamados, que constituyen importantes paredones verticales. Se observan lentes delgados de areniscas medias y algunos cuerpos de conglomerados medios matrizsoportados.

El resto de la sucesión es grano y estratocreciente. En general, esta porción superior de la Formación Corral Quemado cuenta con la presencia de numerosos niveles tobáceos, siendo el más importante el que se encuentra a unos 90 m del contacto con la Formación Andalhuala en la traza

del perfil Río Villavil y que es atribuida a la datada por Marshall et al. (1979) en $3,54 \pm 0.03$ Ma, redatada por Latorre et al. (1997) en $3,66 \pm 0.05$ Ma. Más al Sur, constituye el contacto entre ambas formaciones.

No se expone en la traza del perfil El Durazno debido a que los bloques del basamento cabalgan mediante fallas inversas de alto ángulo sobre sedimentos de la Formación Andalhuala (ver Fig. 1).

Punaschotter (Penck, 1920)

El Punaschotter está representado en el área de estudio por niveles aterrazados más antiguos de la región que normalmente constituyen mantos en niveles topográficos elevados respecto al fondo de los valles modernos y se hallan muy disectados por la erosión. Esta entidad se encuentra coronando las lomadas en la zona de Corral Quemado y a lo largo del Río Papachacra, traslapando el contacto discordante entre los sedimentos terciarios y el basamento. Constituye una secuencia castaño-grisácea de conglomerados gruesos, de procedencia local y muy poco diagenizada, que yace en discordancia angular suave sobre lo que constituye la Formación Corral Quemado y otras unidades inferiores. Normalmente no sobrepasa los 50 metros de espesor.

INTERPRETACIÓN AMBIENTAL

La espesa sucesión sedimentaria terciaria en la zona de estudio es de origen aluvial. La misma se inicia con la Formación Hualfín, con un ambiente de corrientes efímeras, de alta energía no canalizada o "sheetflood", en un clima semiárido con la presencia de depósitos de inundación fuertemente oxidados y calcretos en los cuerpos arenosos para el perfil Río Villavil. En el Cerro el Durazno, está representada por una sedimentación de planicie arenosa surcada por flujos mantiformes con escasas intercalaciones de depósitos canalizados arenosos someros.

Los rasgos más característicos de sedimentación en la Formación Las Arcas en el perfil Río Villavil, están dominados también por condiciones de flujo de alta energía esporádicos, con descarga por pulsos de crecidas mantiformes (sheetflooding). Los paraclastos pelíticos presentes en estas facies indican la alta competencia en las corrientes y la periodicidad de los eventos explica el carácter multiepisódico que muestran. En el perfil El Durazno, se infiere para la Formación Las Arcas, una ma-

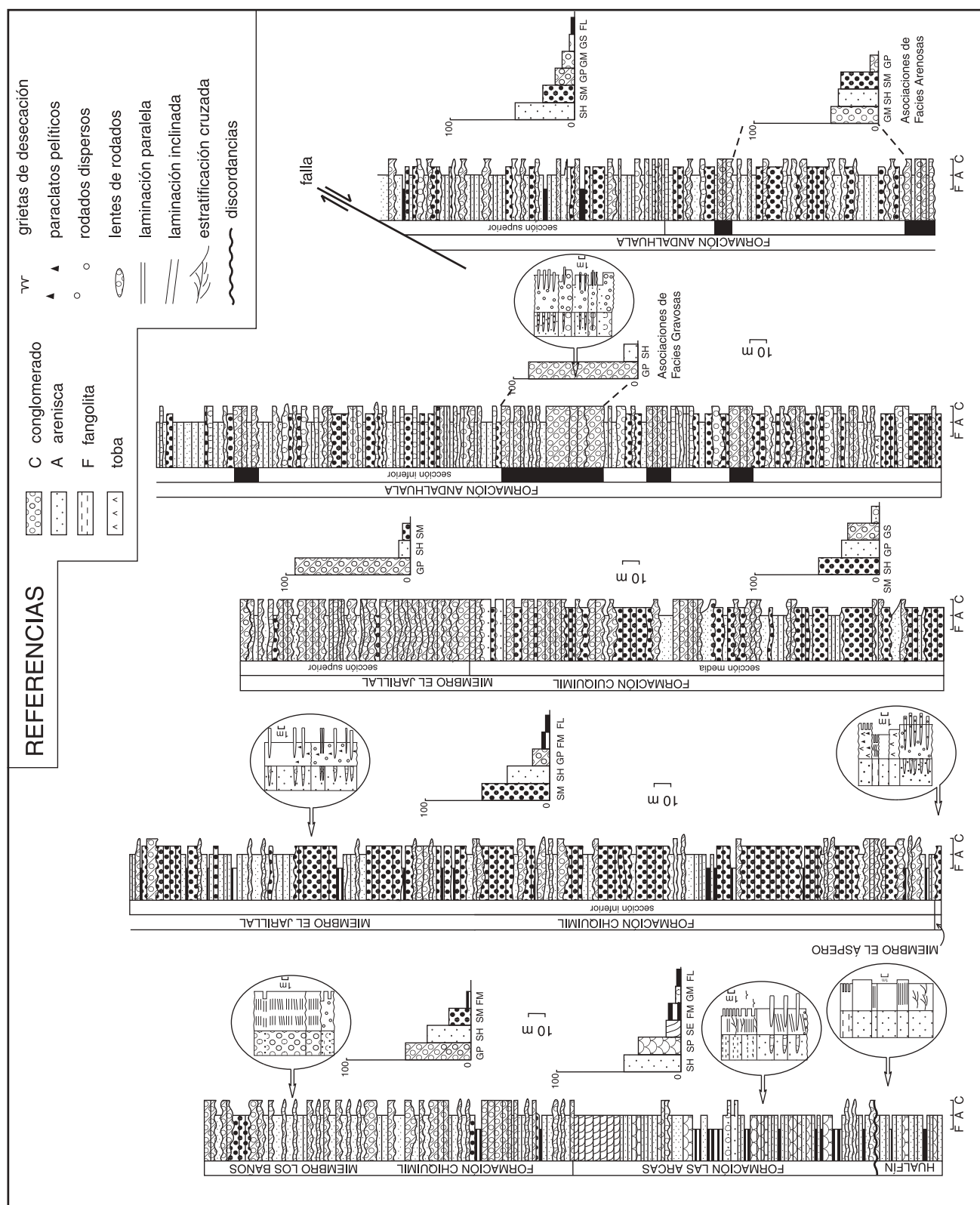


Figura 5: Perfil sedimentológico El Durazno, redibujado sobre la base de las asociaciones de facies determinadas.

Figure 5: El Durazno sedimentologic section, redrawn by means of the determined facies associations.

yor representación de facies de canal constituidas por depósitos producto de migración de formas de lecho arenosas, que reelaboraron la superficie de las crecidas mantiformes.

La coloración rojiza de los sedimentos de estas dos formaciones basales es debida principalmente a la oxidación diagenética de minerales portadores de hierro, mediante movimiento de la freática oxigenada. La formación de calcretos y las pocas evidencias de lixiviación son características de suelos con capa freática cercana a la superficie.

El Miembro Los Baños representa un cambio en la dinámica de sedimentación (Río Villavil) evidenciado por la implantación en la sección inferior de un sistema de planicie de ríos entrelazados arenosos, con eventos de mantos de creciente predominantes y aquellos en los que el flujo se canalizaba. Ascendiendo estratigráficamente, se observa una mayor preservación de los depósitos de planicie de inundación, entre los eventos de alto régimen de flujo representados por las crecidas mantiformes arenosas. Las asociaciones de facies exhiben una estrecha relación entre la sedimentación de planicie arenosa y la planicie mixta (con crecidas arenosas y planicie fangosa), en una porción más distal de la planicie de ríos entrelazados. El arreglo vertical de las facies en los cuerpos arenosos registran un progresivo decrecimiento del grado de canalización, acompañado por la disminución del nivel de energía en los flujos efímeros. En el perfil El Durazno, el Miembro Los Baños se encuentra representado por depósitos de flujos mantiformes gravosos y arenosos, en condiciones de flujo supercrítico debido al efecto de pendientes relativamente altas, muy probablemente relacionadas a la instalación de un ambiente de abanicos aluviales (*sheetflood dominated-fans* de Blair y McPherson, 1994). Canales distributarios someros y de existencia efímera se formaron por retrabajo superficial y enmascaramiento de sucesiones agradacionales no canalizadas (*sheetflood*), a través de erosión producida por “arroyos”, ya sea durante estadios de flujo menguante o por descargas subsecuente no catastróficas (Blair, 1987).

El Miembro El Áspero registra el transporte y sedimentación de un gran volumen de detritos volcánicos aportados a la cuenca. Estos detritos fueron también depositados mayormente mediante crecidas mantiformes en condiciones de flujo efímero. Estas facies fueron surcadas y reelaboradas por corrientes entrelazadas de carga de lecho gravosa, de alta descarga con formas de lecho de bajo relieve, tales como barras diagonales, longitudinales

o láminas gravosas difusas y depósitos residuales (“lags”). El derrame de las coladas de lavas intercaladas en la sucesión epiclástica, estuvo estrechamente relacionado al sistema de fallas transcurrentes paralelas a la megafractura de Villavil (Fig. 1), observadas en la traza del perfil Río Villavil, a unos 5 km al Sur de Villavil.

Posteriormente a la extrusión de las coladas andesíticas, el material fue reelaborado por flujos de detritos o “lahares”, representados en el perfil por las brechas polimícticas matrizsoportadas. Las paleocorrientes medidas en rodados imbricados en estas brechas son pobres (Tabla 3) pero indican la misma procedencia que los conglomerados epiclásticos, desde el NO. A pesar de la cercanía del Complejo de Farallón Negro, se comprueba que este no constituía el área de aporte de los detritos volcánicos y bien podría ser un centro volcánico localizado en Puna (Cerro Galán?).

Se infiere para el Miembro El Jarillal, en el perfil Río Villavil, un sistema de canales gravosos de baja sinuosidad, que gradan en su parte media a un sistema de canales menos jerarquizados donde domina la sedimentación de crecidas mantiformes, con algunas estructuras que reflejan flujo menguante hacia el final de los eventos de inundación. Finalmente la porción superior corresponde a una sedimentación de planicie arenosa distal con frecuentes depósitos de explayamiento, muy bioturbados, con vermes, pedotúbulos y gran cantidad de restos fósiles vertebrados, y algunas canalizaciones esporádicas. Puede representar un ambiente de playa de bolsón a planicie aluvial fangosa de muy escasa pendiente. Por su parte, las facies presentes en el perfil El Durazno reúnen características de un ambiente de abanico distal, con una sedimentación importante de mantos de creciente distales y con retrabajo. Luego comienza a ser evidente una progradación, de un sector más proximal del abanico, con mayor retrabajado de los canales. La porción superior muestra una sedimentación más proximal de abanico, con un importante desarrollo de depósitos de canales entrelazados como consecuencia de efectos secundarios de retrabajado. La diferencia en el arreglo de la sucesión en cada perfil podría ser ocasionado por el hecho que el del Río Villavil se encuentra muy cercano a la megafractura de Villavil y su actividad transcurrente, mientras que el perfil El Durazno guarda estrecha relación con el borde activo de la cuenca hacia el Oeste (Fig. 1). Cabe aclarar que el Cerro el Durazno no se levantó sino hasta el final de la depositación de la Formación Corral Quemado, por lo que no consti-



Figura 6: Dicordancias progresivas producidas por movimiento de bloques de basamento a lo largo de fallas normales. Observada en afloramientos de la Formación Hualfín en la localidad de Los Nacimientos, Depto. de Belén, Catamarca. Rumbo y buzamiento de las capas en la Formación Hualfín: capas inferiores 24°/24°, capas superiores: 48°/40°.

Figure 6: Progressive unconformities produced by basement blocks movement along normal faults in Hualfín Formation outcrops (Los Nacimientos, Depto. Belén, Catamarca). Strike and dip in the Hualfín Formation's beds: lower strata: 24°/24° , upper strata: 48°/40°.

tuía, por el momento, un elemento positivo en el paisaje.

La Formación Andalhuala (perfil Río Villavil), representa un sistema de crecidas mantiformes del alto régimen con algunas estructuras de régimen menor producto de la disminución de flujo, surcadas por eventos canalizados de diseño entrelazado. Los niveles de paleosuelos se encuentran pobremente desarrollados, frecuentemente erosionados por los eventos subsiguientes. Luego, en la sección media se evidencia una intensa aridización de las condiciones climáticas imperantes, con la instalación de una sucesión eólica de dunas e interdunas secas (porción media). Las direcciones de paleocorrientes obtenidas en las mismas indicaron paleovientos que soplaban hacia el ONO-NO. La sección superior marca un nuevo cambio en las condiciones de sedimentación, remarcado por estructuras canalizadas de mayor incisión y niveles conglomerádicos más espesos. La presencia de depósitos matrizsoportados se interpretaron como pertenecientes a flujos hiperconcentrados interestratificados a las crecidas mantiformes arenosas. La apariencia desorganizada y no gradada de estos flujos de detritos podría deberse a una rá-

pida deposición y su existencia en áreas semiáridas es a menudo indicativo de gradientes relativamente altos en la pendiente y períodos de tormentas fuertes. La estrecha asociación de estas facies con los conglomerados producto de transporte tractivo, podría implicar un depositación en “escorrenteras” confinadas que corren pendiente abajo.

Las condiciones de sedimentación de la Formación Andalhuala en el perfil El Durazno se caracteriza en la sección inferior por alternancia de períodos con eventos de flujos mantiformes combinados con flujos canalizados de retrabajado (asociaciones de facies areno-gravosas) con otros períodos caracterizados únicamente por cuerpos canalizados conglomerádicos amalgamados (asociaciones de facies gravosas). En la sección superior estaría representada la porción distal de una sucesión de abanicos, con el desarrollo de un sistema de ríos entrelazados producto del retrabajado secundario de las crecidas mantiformes que lo construyen.

La Formación Corral Quemado marca un evidente cambio en la sedimentación dentro de la cuenca, con facies que permiten inferir un ambien-

te de abanico aluvial medio (perfil Río Villavil), construido principalmente por flujos gravitatorios fluidos catastróficos (Hoggs, 1982; Blair, 1985, 1987; Wells y Harvey, 1987; Blair y McPherson, 1994). Este tipo de abanico aluvial dominado por flujos mantiformes se produce comúnmente con sedimentos deficientes en arcillas (Blair y McPherson, 1994) generados en cuencas de drenaje con meteorización de roca madre granítica o gnéissica bajo condiciones climáticas áridas (área de aporte de la Formación Corral Quemado desde el NO).

MARCO TECTÓNICO Y ANÁLISIS DE CUENCA

El relleno sedimentario y los rasgos estructurales permitió definir a la subcuenca de Hualfín como parte de una cuenca continental intracratónica (Klein, 1996), la Cuenca de Santa María-Hualfín (Bossi et al., 1993), con relleno de tipo rift en las etapas iniciales y una configuración de hemigraben asimétrico con depocentro en la localidad de Corral Quemado.

El estudio detallado de las facies sedimentarias presentes, su asociación y distribución espacial aportaron datos para dividir paleogeográficamente a la subcuenca en dos grandes áreas de sedimentación:

1. una zona con facies que representan una porción distal de la cuenca (perfil Río Villavil) con desarrollo de una planicie de corrientes efímeras; continúan con ríos entrelazados arenosos de baja sinuosidad y por último se produce la llegada de abanicos aluviales, de la cual sólo se expone su parte distal. Hay un predominio de sucesiones granodecrecientes de tipo relleno de rift (Miembro Los Baños y El Jarillal) relacionado probablemente con grandes fallas transcurrentes (Megafractura de Villavil), y

2. otra zona, con una sedimentación dominante de piedemonte (perfil El Durazno) cercana al borde de cuenca, más relacionada a las fuerzas de empuje del bloque de Puna y en la cual el diseño de las unidades es granocreciente.

El análisis de procedencia de las estructuras direccionales en conglomerados, con direcciones predominantes desde el O y NO (Tabla 3a y b) y el análisis modal en areniscas (Muruaga y Bossi, 1998, Muruaga, 1998), indican que el borde sureste del bloque de Puna y las actuales sierras de Altohuasi-Culampajá y Papachacra se habrían constituido como áreas fuentes de los sedimentos depositados

en la subcuenca de Hualfín (Muruaga, 1998).

Mediante un análisis de subsuperficie a través de líneas sísmicas realizadas por YPF en el Campo del Arenal (interpretadas por G. Bossi), fue posible identificar dos etapas tectónicas diferenciadas en el relleno de la Cuenca de Hualfín (Muruaga, 1998; Bossi et al., 1999, 2000; Muruaga y Bossi, 1999), una de extensión y otra de inversión.

Etapas de extensión

En esta primera etapa el espacio de sedimentación fue creado por fallamiento normal de alto ángulo (fallas planas y lístricas), que limitaban los bloques inclinados hacia el NE. El fallamiento fue provocado por abovedamiento superficial, responsable de la formación de cuencas graben o hemigraben durante el Neógeno (Bossi, 1992; Bossi et al., 1994), en cubetas elongadas N-S. Las evidencias de dicho fallamiento son obvias en la Formación Hualfín y podrían haber sido las causantes de las disconformidades progresivas observadas.

Si bien el ambiente de esfuerzos locales fue extensivo, el marco tectónico regional estuvo dominado por la compresión, cuyos procesos fueron estudiados en detalle por numerosos autores (Allmendinger et al., 1982; Jordan et al., 1983 a y b; Allmendinger, 1984; Jordan, 1984; Johnson et al., 1986). Esta zona de estudio estuvo asociada además a un diseño horizontal de la zona de Benioff (Jordan et al., 1983a).

El abovedamiento superficial estuvo asociado a un recalentamiento de la litosfera, adelgazamiento de la misma y ascenso magmático, produciendo el espacio necesario para el emplazamiento de una pluma caliente. Este proceso es señalado como una hipótesis de formación de rifting en cuencas intracratónicas (Klein, 1996), en las cuales el propio arqueamiento creó los esfuerzos necesarios para que el rifting ocurra (Kearey y Vine, 1990). Este arqueamiento se manifiesta claramente por la actitud de la penillanura sobre el basamento cristalino de edad precámbrica-cámbrica inferior, que formaba el sustrato de las cuencas terciarias de esta región (Cuencas de Hualfín, Santa María y El Cajón), con vergencia opuesta y hacia afuera del domo. Esta penillanura se quebró determinando una morfología de valles amplios y bloques montañosos bajos dispuestos hacia cada lado de un eje que pasa por la sierra del Cajón, sigue por el sector este del Campo del Arenal, la sierra de Capillitas y el sector sur del Ambato (Quebrada de la Cébila) (Bossi et al., 1999, 2000). Bossi et al. (1997) propusieron el nom-

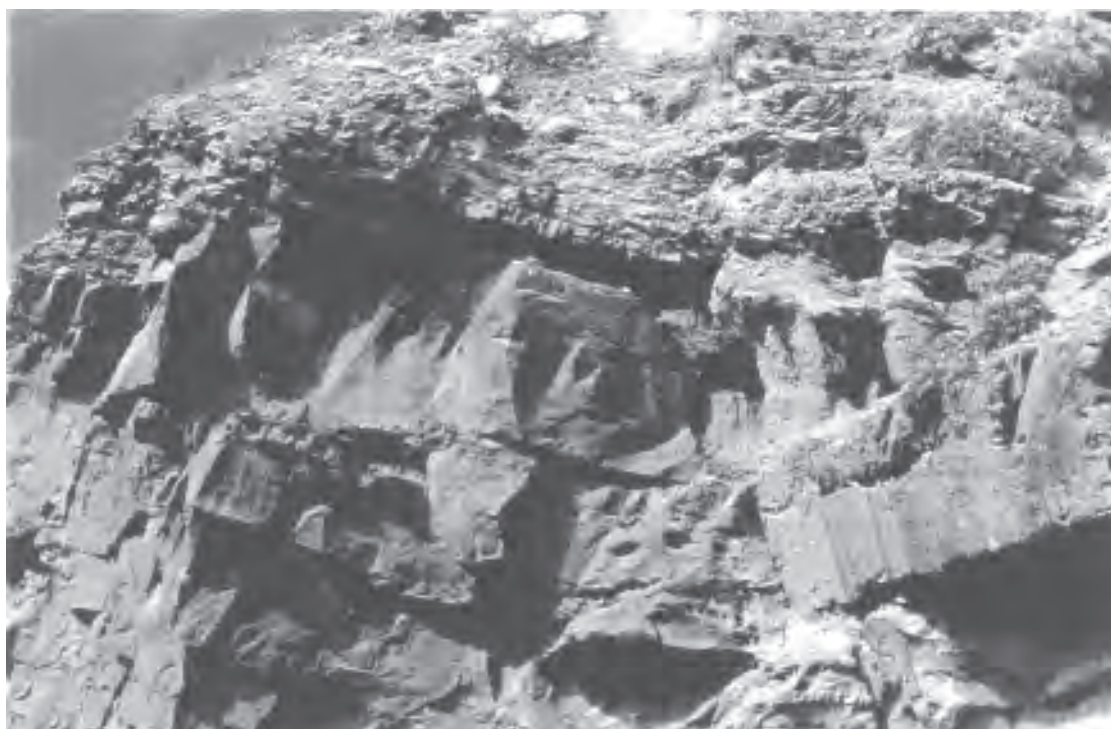


Figura 7: Fallamiento normal observado en la Formación Hualfín, debajo del contacto con la Formación Las Arcas (Río Villavil, al norte de la localidad de Hualfín, Depto. Belén, Catamarca). El banco de areniscas macizas fallado en el techo de la Formación Hualfín tiene 1,5 m de espesor.

Figure 7: Normal faulting in Hualfín Formation, near its contact with Las Arcas Formation (Río Villavil, north to the Hualfín locality, Depto. Belén, Catamarca). The massive sandstones bed at the top of Hualfín Formation is 1,5 m thick.

bre de Rift atenuado para el estilo de cuenca.

El Complejo Volcánico Farallón Negro, con una datación máxima de 12 ± 2 Ma de un pórfiro andesítico de Bajo El Durazno (Linares y González, 1990), formaría parte del magmatismo inicial asociado al rifting. El vulcanismo sinsedimentario de la sucesión sedimentaria neógena está representado por los sedimentos volcanoclásticos y los extrusivos andesíticos del Miembro El Áspero de la Formación Chiquimil, datado en 9.14 ± 0.09 Ma (Sasso, 1997).

Una vez que la perturbación termal asociada con el ascenso de la pluma caliente decayó, la litosfera se engrosó nuevamente y tuvo lugar una subsidencia lenta posterior, con la depositación de la Formación Andalhuala.

ETAPA DE INVERSIÓN TECTÓNICA

La deformación se hizo netamente compresiva a niveles superficiales, provocando inversión de los planos de falla y elevación de las escamas de basa-

mento, con la consecuente modificación de la configuración inicial de la cuenca. El ascenso progresivo de estos bloques se evidencia en el registro sedimentario por la discordancia regional que separa las Formaciones Andalhuala y Corral Quemado, la predominancia de conglomerados en esta última formación, un importante cambio en los sistemas deposicionales de fluviales de planicie de ríos entrelazados a abanicos aluviales y la existencia de planos de falla invertidos observados en las líneas sísmicas del Campo del Arenal.

Los datos cronológicos en Sierras Pampeanas Noroccidentales y el flanco sureste de Puna indican que la inversión se produjo a partir de los 3.5 Ma (Marshall et al., 1979; Allmendinger, 1984, 1986), marcado en la sucesión estudiada por la presencia de la toba de 3.66 Ma en la espesa sucesión de Corral Quemado, a la que sobreyacen 760 m de sedimentos plegados alrededor del bloque de basamento. En el Valle de Santa María el inicio de la inversión fue marcada un poco antes, a partir de los 5.2 Ma (Strecker et al., 1987; discordancia Inter-Andalhuala, Georgieff, 1998, Bossi et al. 2000).

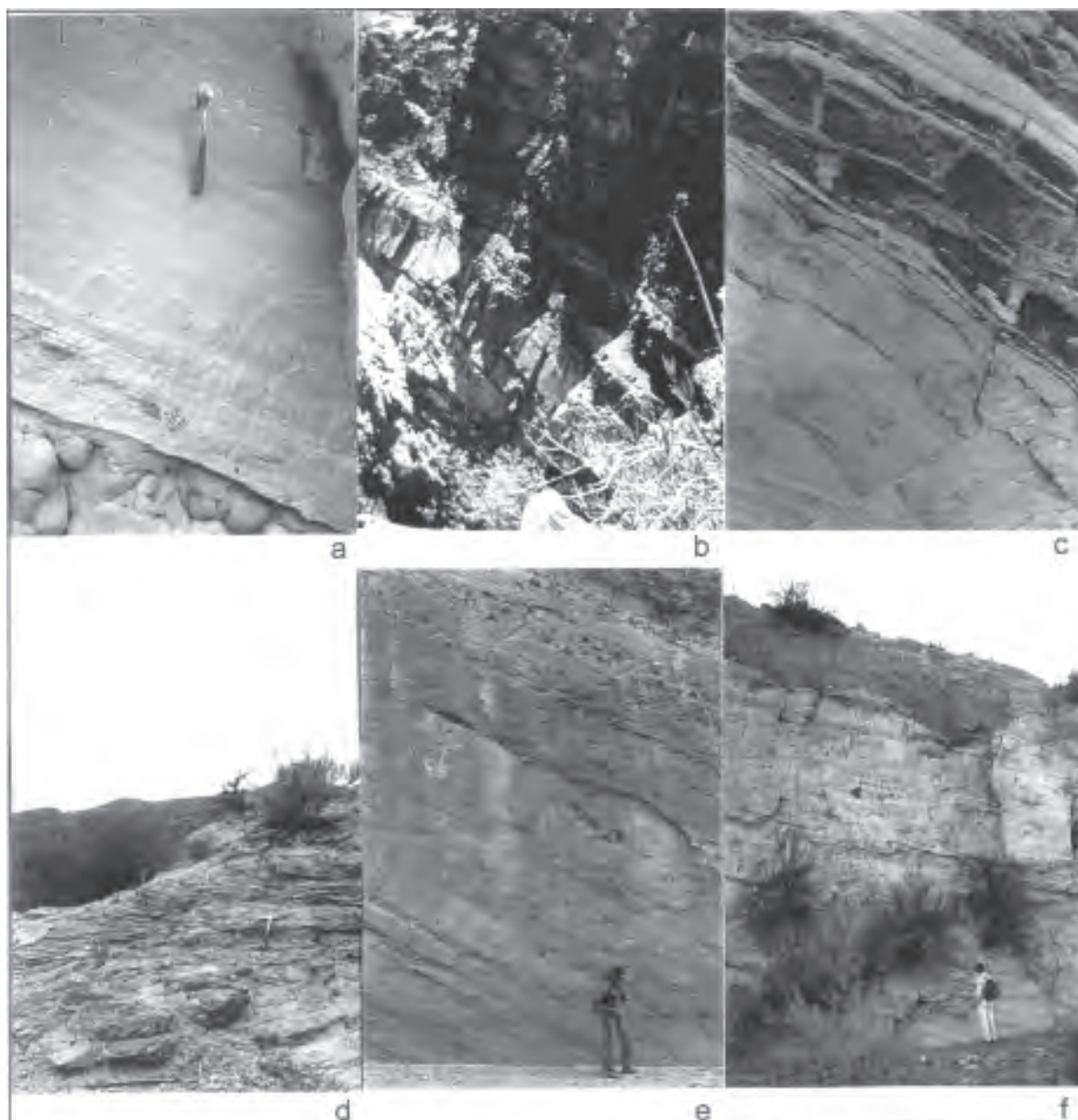


Figura 8: Geometrías de los principales cuerpos sedimentarios presentes en los perfiles sedimentológicos. a) asociación de facies SH, b) asociación de facies FM, c) asociación de facies FI, d) asociación de facies SP, e) asociación de facies SM, f) asociación de facies GP. Ver Tabla 2 para explicaciones de códigos.

Figure 8: Geometry of the main sedimentary bodies observed in sedimentologic sections. a) SH facies association, b) FM facies association, c) FI facies association, d) SP facies association, e) SM facies association, f) GP facies association . See Table 2 for codes' explanations.

Por último, se produjo la última etapa de inversión y la cuenca de Hualfín se desmembró en bolsones rodeados por bloques de basamento cristalino de relieve muy alto que actualmente forman las sierras de la región (Sierras de Culampajá y Chango Real, en el Valle del Cajón y Hualfín y Sierras del Aconquija, en el Valle de Santa María) y bloques de montañas interiores (Sierras de Hualfín, Las Cue-

vas, Cerro El Durazno, Sierra del Cajón). Esta fase se evidencia en el borde occidental de la cuenca por cabalgamientos de los bloques de basamento por medio de fallas inversas de alto ángulo (con mediciones entre 75° a 80° de inclinación) sobre la sucesión neógena. Las sucesiones sedimentarias fueron arrasadas y cubiertas en discordancia angular por conglomerados del Punaschotter, con espas-

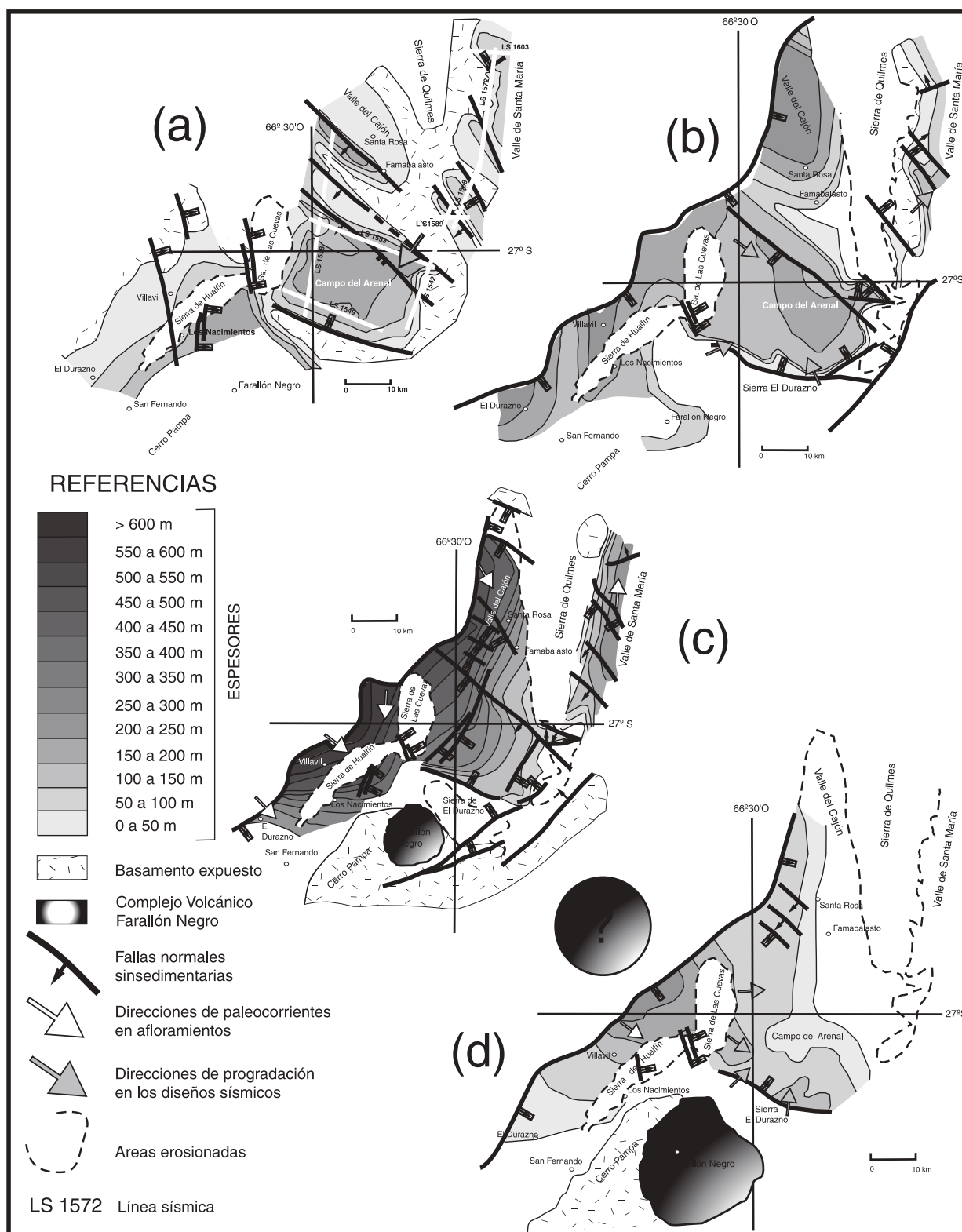


Figura 9: Mapas isopáquicos correspondientes al 1º y 2º estadio de sedimentación. (a) Formación Hualfin, (b) Formación Las Arcas, (c) Miembro Los Baños, Formación Chiquimil y (d) Miembro El Áspero, Formación Chiquimil (Modificados de Bossi et al, 1997).

Figure 9: Isopaquic maps corresponding to 1º and 2º sedimentation stage. (a) Hualfin Formation, (b) Las Arcas Formation, (c) Los Baños Member, Chiquimil Formation y (d) EL Áspero Member, Chiquimil Formation (Modified from Bossi et al., 1997).

Formaciones/ Miembro	Número de Localidades	Media	Variancia
Los Baños	66	147	347
El Aspero	27	153	58
El Jarillal	25	116	93
Andalhuala	119	125	360
Corral	114	142	1599
Quemado			

a

Formaciones/ Miembro	Número de localidades	Media	Variancia
Los Baños	60	137	60
El Jarillal	119	142	158
Andalhuala	46	144	333

b

Tabla 3: a. Valores de paleocorrientes obtenidas de rodados imbricados en conglomerados del perfil Río Villavil. Cada localidad tiene entre 10 y 15 mediciones. Las Formaciones Hualfín y Las Arcas no proporcionaron mediciones por la escasez de facies conglomerádicas en sus afloramientos. b. Idem para el perfil El Durazno.

Table 3: Paleocurrent values obtained from imbricated clasts in conglomerates of Río Villavil section. Each locality contains 10 to 15 measurements. Hualfín and Las Arcas Formations didn't provide any value because the lack of conglomerates facies in their outcrops. b. The same for El Durazno section.

cio de acomodación creado por sombra al pie de monte.

Podemos concluir que, durante esta última fase compresiva, la cuenca puede haber evolucionado a una cuenca de antepaís, en la cual el acortamiento de la corteza superior ocurrió por levantamiento de los bloques de basamento, o la llamada deformación en bloques del basamento (thick-skinned) (Jordan, 1995). De este modo se forman un conjunto de cuencas separadas parcialmente, más pequeñas referidas como cuencas de antepaís quebradas (*broken foreland basins*), también referidas como *intraforeland* (Chapin y Cather, 1981; Jordan y Allmendinger, 1986).

EVOLUCIÓN DE RELLENO Y CONCLUSIONES

El esquema litoestratigráfico del Terciario para la Subcuenca Hualfín está constituido por la Formación Hualfín (unidad basal), las unidades del Grupo Santa María, de base a techo: Formaciones Las Arcas, Chiquimil (con sus Miembros Los Baños, El Áspero y El Jarillal), Andalhuala y Corral

Quemado y, por último, el Punaschotter y depósitos cuaternarios.

La evolución de esta subcuenca incluye 5 estadios:

1º, representado por depósitos arenosos de una planicie aluvial, producidos por flujos de alta energía y esporádicos (Formación Hualfín), fuertemente controlada por el fallamiento normal NO-SE (Fig. 9a) durante la etapa de formación del rifting. Las áreas de procedencia estaban representadas por cuencas de drenaje maduro, más antiguas y alejadas del depocentro, por lo cual tenemos sedimentación fina en toda la cuenca en esta etapa inicial.

2º, incluye las Formaciones Las Arcas y Chiquimil con sus tres miembros y corresponde con la etapa de mayor subsidencia tectónica en la cuenca. La sedimentación durante este estadio pasa de condiciones de flujo mantiformes y efímeros (Formación Las Arcas), a la porción distal de una planicie de ríos entrelazados arenosos, en el mismo sistema de corrientes efímeras (Miembro Los Baños). La distribución de espesores de ambas unidades pueden observarse en la figura 9 b y c, respectivamente, con un control fuerte de las paleoestructuras sobre el diseño de las curvas. Estas evidencian una procedencia general del NO, conducente con las mediciones de paleocorrientes en rodados imbricados (Tabla 3).

El Miembro El Áspero registra un gran volumen de sedimentos volcánicos aportados a la cuenca, posiblemente procedentes de aparatos volcánicos localizados en la Puna y observaciones de afloramientos permiten inferir que el aporte no se habría extendido más allá de la Sierra de Hualfín hacia el Este en este sector de la cuenca (Fig. 9d). Este miembro volcanoclástico está representado por depósitos de crecidas mantiformes, surcados y reelaborados por corrientes entrelazadas de carga de lecho gravosa. La presencia de coladas de lavas andesíticas, intercaladas a la sucesión epiclástica, marcan el inicio de los procesos de flujos de detritos volcánicos o lahares, que las cubre.

El Miembro El Jarillal de la Formación Chiquimil indica la etapa final de subsidencia tectónica 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, en la superior para el perfil Río Villavil. El inicio de la depositación del Miembro El Jarillal coincide con un leve cambio en las direcciones de paleoflujos hacia el ESE (Tabla 3a), junto a un predominio relativo de rodados del basamento gneis-granítico so-

bre 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 que aportaron al Miembro El Áspero.

3º, constituye la etapa de subsidencia térmica con la depositación de una potente sucesión representada por la Formación Andalhuala. Esta unidad está caracterizada por la progradación de facies más proximales de planicie de ríos entrelazados de baja sinuosidad y el reestablecimiento de los sistemas de paleoflujos a su antigua disposición de aporte hacia el SE. La tasa de aporte sedimentario sufrió un incremento debido a la rápida expansión de las cuencas de drenaje en esta etapa del desarrollo de la cuenca. Para esta época, los cordones montañosos del Este (sierra del Aconquija) podrían haber alcanzado ya alturas considerables por lo que constituían una barrera climática provocando aridización y la instalación de una sucesión potente de dunas eólicas (porción media de esta unidad). En su parte superior, la presencia de flujos hiperconcentrados evidenciaría gradientes relativamente altos en las áreas de aporte.

4º, durante este estadio se produce un cambio abrupto en la sedimentación neógena con una primera etapa de inversión de la cuenca (Muruaga y Bossi, 1999). Se revierten algunos planos de fallas normales y se producen fallas inversas de alto ángulo en los bordes de cuenca, por medio de las cuales el basamento cristalino se monta sobre la sucesión sedimentaria. Las condiciones hidráulicas son diferentes y particulares, puesto que representan la instalación de abanicos aluviales de la Formación Corral Quemado.

5º, representado por depósitos de piedemonte de poco espesor (Punaschotter y acarreos cuaternarios), como consecuencia del levantamiento final de las sierras circundantes a su actual posición.

Estudios de sistemas deposicionales relacionados a rifting han sido considerados desde un punto de vista de estratigrafía secuencial, definiendo cortejos sedimentarios tectónicos (Prosser, 1993). El estudio de la geometría de los estratos integrados con interpretaciones de facies permitió correlacionar los estadios definidos en la Subcuenca de Hualfín con estos cortejos sedimentarios de Prosser (1993): rift inicial (1º estadio), climax del rift (2º estadio) y postrift inmediato (3º estadio). Luego la cuenca no evolucionó como una cuenca rift típica y se produ-

jo la inversión tectónica con la depositación de los estadios 4º y 5º.

Son bien conocidas las investigaciones realizadas al norte de la zona de estudio (Cordillera Oriental y Sistema de Santa Bárbara), en las cuales se postula un ambiente compresivo de cuenca de antepaís a partir del Mioceno medio (Gómez Omil et al., 1987, 1989; Salfity et al., 1996; Hernández et al., 1999; Reynolds et al., 2000) mediante una inversión tectónica. Existen varias razones por las cuales se puede fundamentar un rift somero en el desarrollo de la cuenca Santa María-Hualfín, como continuación del rift cretácico por reactivación de las fallas normales planas y en especial de fallas lístricas, las cuales generaron un sistema de hemigrábenes opuestos con rampa común (Bossi et al. 2000) y que abarcó un tiempo desde los 13 Ma (base de la sucesión neógena) a los 3.5 Ma en la zona de estudio, cuando sobrevino la etapa netamente compresiva. En primer lugar, el inicio de las sedimentación neógena estuvo controlada por fallas normales observadas tanto en líneas sísmicas en el Campo del Arenal (Fig. 9 a y b) y Valle de Santa María (Bossi et al., 2000), como en afloramientos (Fig. 7). En segundo lugar, no existe un orógeno corrido y plegado hacia el oeste con masa suficiente como para producir el hundimiento del macizo pampeano y la sucesión neógena no se espesa hacia el oeste, situación que cabría esperar en caso de una cuenca de antepaís. En tercer lugar, la existencia de la peniplanicie desarrollada en el basamento es testigo del arqueamiento producido en la corteza en forma de domo, la cual se fracturó en bloques permitiendo la sedimentación neógena.

Confirma esta postura el hecho que perfiles balanceados en el Valle de Santa María indican un acortamiento máximo del 10% (Georgieff, 1998), no hay canibalismo y las líneas sísmicas no muestran fajas de corrimiento de bajo ángulo o deformación progresiva contra las fallas inversas del este de la cuenca de Santa María-Hualfín (Bossi et al., 2000).

Agradecimientos. La autora desea agradecer al Dr. Gerardo Bossi y al Dr. Luis Spalletti, que hicieron los más valiosos aportes para la Tesis Doctoral de la cual este trabajo es parte. A los árbitros del mismo, los Dres. Mariano Marzo, Ferrán Colombo y el Lic. Roberto Hernández por sus invalorable críticas que lo mejoraron sustancialmente. Este trabajo fue posible mediante los aportes de subsidios otorgados por el CONICET y CIUNT al Dr. Bossi, que permitieron financiar los trabajos de campo y laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allmendinger, R. W.; T. Jordan; M. Palma y V. Ramos, 1982. Perfil estructural en la Puna Catamarqueña (25-27°S), Argentina. *5º Congreso Geológico Latinoamericano I*: 499-518.
- Allmendinger, R.W., 1984. Estructuras transversales de la zona de transición entre 26° y 27° S, provincias de Tucumán y Catamarca: resultados preliminares. *IX Congreso Geológico Argentino II*: 31-47.
- Allmendinger, R. W., 1986. Tectonic development, southeastern border of the Puna Plateau, northwestern Argentine Andes. *Geological Society American Bulletin* 97: 1070-1082.
- Blair, T.C., 1985. Depositional chronology, sedimentary processes, and the resulting vertical stratification sequences in the Roaring River alluvial fan, Rocky Mountain National Park, Colorado. En: R.M. Flores y M.D. Harvey (Eds.) *Field Guidebook to Modern and Ancient Fluvial Systems in the United States: Fort Collins, Colorado*. Proceedings of the Third International Fluvial Conference: 96-101.
- Blair, T.C., 1987. Sedimentary processes, vertical stratification sequences, and geomorphology of the Roaring River alluvial fan, Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Sedimentary Petrology* 57: 1-18.
- Blair, T.C. y J.G. McPherson, 1994. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages. *Journal of Sedimentary Research* A64 (3): 450-489.
- Bossi, G. E. y R. Palma, 1982. Reconsideración de la estratigrafía del Valle de Santa María, Provincia de Catamarca, Argentina. *V Congreso Latinoamericano de Geología* 1: 155-172, Buenos Aires.
- 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.
- Bossi, G.E., 1992. Historia de subsidencia del perfil tipo del Neógeno del Valle de Santa María. *IV Reunión Argentina de Sedimentología* 1: 167-174.
- Bossi, G.E., C.M. Muruaga, J.G. Sanagua, A. Hernando y 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 II*: 156-165, Mendoza.
- Bossi, G.; S. Georgieff; C. Muruaga; J. Sanagua; A.L. Ahumada y L. Ibañez, 1994. The Santa Maria-Hualfín Neogene Basin of northwestern Argentina. *14th International Sedimentological Congress* G12-13, Recife, Brasil.
- Bossi, G.; C. Muruaga; S. Georgieff; A.L. Ahumada; L. Ibañez y 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, I: 97-104, Isla Margarita, Venezuela.
- Bossi, G.E. y I.J.C. Gavrilloff, 1998. Terciario. Estratigrafía, Bioestratigrafía y Paleogeografía (2da edición). En: *Geología de Tucumán*. M. Gianfrancisco, M.E. Puchulu, J. Durango de Cabrera, y G. Aceñolaza (Eds.). Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.
- Bossi, G.; C. Muruaga y I.J.C. Gavrilloff, 1999. Ciclo Andino. Neógeno-Pleistoceno. Sedimentación. En G. González Bonorino, R. Omarini y J. Viramonte (Eds.) *Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino*. Tomo I: 329-360, Salta.
- Bossi, G., S. Georgieff y I. Gavrilloff, 2000. Tectosedimentary regional scheme of the Neogene Basins of the Pampean Ranges. *II Congreso Latinoamericano de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: 52, Mar del Plata.
- Bossi, G.E., S.M. Georgieff, I.J.C. Gavrilloff, L.M. Ibañez y C.M. Muruaga, 2000. Tectonic Sequences and Basin Evolution on Santa María Valley (Cenozoic), Northwestern Pampean Ranges, NW Argentina. Tectonic and Sedimentary Evolution of Andean Cenozoic Foreland Basin. *Journal of South American Earth Sciences*, Publicación Especial. En prensa.
- Butler, R. F., L. G. Marshall, R. E. Drake y 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.
- Cabrera, A., 1937. Notas sobre el Suborden Typotheria. *Notas del Museo de La Plata, Paleontología* 2(8): 17-43.
- Cabrera, A., 1944. Los Gliptodontoideos del Araucaniano de Catamarca. *Revista Museo La Plata (Nueva Serie)* III: 5-76.
- Código Argentino de Estratigrafía, 1992. *Comité Argentino de Estratigrafía*. Asociación Geológica Argentina, Serie B (Didáctica y Complementaria) N° 20: 1-64.
- Chapin, C.E. y S.M. Cather., 1981. Eocene Tectonics and Sedimentation in the Colorado Plateau-Rocky Mountain area. *Arizona Geological Society Digest* 14: 173-198.
- Esteban, G. y N. Nasif, 1999. Mamíferos fósiles de la Formación Chiquimil (Mioceno tardío), Provincia de Catamarca, Argentina. Bioestratigrafía. XV Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados 11, La Plata.
- Esteban, G.; N. Nasif y C. Roger, 1999. Fossil mammals of the Chiquimil Formation (Late Miocene), Catamarca province, Argentina. *Congreso Internacional Evolución Neotropical del Cenozoico* 20, La Paz, Bolivia.
- Flynn, J.J. y 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 N° 54.
- Frenguelli, J., 1930. Conclusiones geológicas referentes a la región preandina de Salta. *Anales Sociedad Científica de Santa Fé* 2: 110-137.
- Galvan, A.F. y O. Ruiz Huidobro, 1965. Geología del Valle de Santa María. Estratigrafía de las formaciones terciarias. *Acta Geológica Lilloana* 7: 217-230.
- Gavrilloff, I.J.C.; G. Bossi; G. Esteban; N.Nasif y 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*. Acta: 128, Bahía Blan-

Estratigrafía y desarrollo tectosedimentario de los sedimentos terciarios...

ca.

- Georgieff, S.M., 1998. Análisis paleoambiental de la porción inferior de la Formación Andalhuala en la zona central del valle de Santa María. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. 260pp. (Inédito).
- González Bonorino, F., 1950. Geología y Petrografía de las Hojas 12d (Capillitas) y 13d (Andalgalá). *Dirección General de Industria Minera*, Boletín 70, Buenos Aires.
- Gómez Omil, R.; A. Boll y R. Hernández, 1987. Cuenca cretácico-terciaria del noroeste argentino (Grupo Salta). *X Congreso Geológico Argentino*, Tomo V: 9.
- Gómez Omil, R.; A. Boll y R. Hernández, 1989. Cuenca cretácico-terciaria del noroeste argentino (Grupo Salta). *X Congreso Geológico Argentino*. Simposio Cuencas Sedimentarias argentinas. Correlación Geológica, Vol 6: 43-64.
- Hoggs, S.E., 1982. Sheetfloods, sheetwash, sheetflow, or?. *Earth Science Reviews* 18: 59-76.
- Johnson, N.M., T.E. Jordan, P.A. Johnsson y C.W. Naeser, 1986. Magnetic polarity stratigraphy, age and tectonic setting of fluvial sediments in an eastern Andean foreland basin, San Juan Province, Argentina. En Foreland Basins. P.A. Allen y P. Homewood (Eds.) *International Association of Sedimentologists*, Special Publication 8: 63-75.
- Jordan, T.E.; B.L. Isacks; R.W. Allmendinger; J.A. Brewer, V. Ramos y C.J. Ando, 1983a. Andean tectonics related to the geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America Bulletin* 94: 341-361.
- Jordan, T.E.; B.L. Isacks; V. Ramos y R.W. Allmendinger. 1983b. Mountain building in the Central Andes. *Episodes* 1983: 20-26.
- Jordan, T.E., 1984. Cuencas, vulcanismo y acortamientos cenozoicos, Argentina, Bolivia y Chile, 20-28° latitud sur. *IX Congreso Geológico Argentino* II: 7-24. Bariloche.
- Jordan, T.E. y R. Allmendinger, 1986. The Sierras Pampeanas of Argentina: a modern analogue of Rocky Mountain Foreland Deformation. *American Journal of Science* 286: 737-764.
- Jordan, T., 1995. Retroarc Foreland and Related Basins. En: C.J. Busby y R.V. Ingersoll (Eds.) *Tectonics of Sedimentary Basins*. Blackwell Science: 331-362.
- Kearey, P. y F.J. Vine, 1990. *Global Tectonics*. Geoscience Texts. Blackwell Scientific Publications: 302pp.
- Klein, G.D., 1996. Intracratonic Basins. En: C.J. Busby y R.V. Ingersoll (Eds.) *Tectonics of Sedimentary Basins*. Blackwell Science: 459-478.
- Latorre, C.; J. Quade y W.C. McIntosh, 1997. The expansion of C4 grasses and global change in the late Miocene: stable isotope evidence from the Americas. *Earth and Planetary Science Letters, Elsevier Science B.V.* 146: 83-96.
- Linares, E. y R.R. González, 1990. *Catálogo de edades radiométricas de la República Argentina*. 1957-1987. Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial, Serie "B" (Didáctica y Complementaria) N°19: 1-628.
- Marshall, L.G., R.F. Butler, R.E. Drake, G.H. Curtis y R.H. Tedford, 1979. Calibration of the Great American Interchange. *Science* 204: 272-279.
- Marshall, L. G. y B. Patterson, 1981. Geology and Geochronology of the Mammal-Bearing Tertiary of the Valle de Santa María and Río Corral Quemado, Catamarca Province, Argentina. *FIELDIANA*. Geology. New Series, 9: 1-78.
- Miall, A.D., 1977. A review of the braided river. Depositional environment. *Earth Science Reviews* 13: 1-62.
- Miall, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En A.D. Miall (Ed.) *Fluvial Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologists: Memoir 5: 1-859.
- Middleton, G.V., 1978. Facies. En: R.W. Fairbridge and J. Bourgeois (Eds.) *Encyclopedia of Sedimentology*. Stroudsburg, Pa., Dowden, Hutchinson and Ross: 323-325.
- 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, *Facultad de Ciencias Naturales e Inst. Miguel Lillo*, Universidad Nacional de Tucumán, 269pp. (inédito).
- Muruaga, C. y G. Bossi, 1998. Sandstone petrology of the Southwestern Neogene Santa María-Hualfín Basin, Catamarca Province, NW-Argentina. *15th International Sedimentological Congress*: 570-571. Alicante, España.
- 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*: I: 66-67, Salta.
- Muruaga, C., 2000. Estratigrafía del Miembro El Jarillal (Formación Chiquimil, Mioceno superior), Sierra de Hualfín, Provincia de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana*. En Prensa.
- 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.
- Penck, 1920. Der Südrand der Puna de Atacama (NW Argentinien). Leipzig, Alemania, *Ab Handlungen Mathematisch-Physikalische Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften* 37:1-420
- 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.
- Powell, J., P. Mule, P. Ortiz, R. Duarte, J. Sanagua y 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 G.D. Williams and A. Dobb (Eds.), *Tectonics and seismic sequence stratigraphy*. Geological Society Special Publication, 71: 35-66.
- Rassmus, J., 1919. *Discusión*. Primera Reunión Nacional, Sociedad Argentina de Cs. Naturales 2: 183-184.
- Reynolds, J; C. Galli; R. Hernández; B. Idleman; J. Cotila; R. Hilliard y C. Naeser, 2000. Middle Miocene tectonic development of the transition zone, Salta Province, Northwest Argentina; magnetic Stratigraphy from the Metan Subgroup, Sierra de González. *Geological Society of America Bulletin* 112 (11) :1736-1751.
- Riba, O., 1976. Syntectonic unconformities of the Alto

Claudia MURUAGA

- Cardener, Spanish Pyrenees; a genetic interpretation. *Sedimentary Geology* 15 (3): 213-233.
- Riggs, E.S. y B. Patterson, 1939. Stratigraphy of late Miocene and Pliocene deposits of the Province of Catamarca (Argentina). *Physis XIV*: 143-162, Buenos Aires.
- Rosello, E.A., M.E. Mozetic y M. G. López De Luchi, 1999. El Basalto La Puerta de San José (Belén, Catamarca): Un nuevo testimonio del rifting cretácico en el noroeste argentino. *XIV Congreso Geológico Argentino*, Actas II: 194-199, Salta.
- 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.
- Salfity, J; S. Gorustovich; R. González; C. Monaldi; R. Marquillas; C. Galli y R. Alonso, 1996. Las cuencas terciarias posincaicas de los Andes centrales de la Argentina. *XIII Congreso Geológico Argentino*, Tomo I: 453-471.
- Strecker, M.; A. Bloom; D. Malizia; P. Cerveny; G. Bossi; C. Bense y A. Villanueva García, 1987. Nuevos datos neotectónicos sobre las Sierras Pampeanas Septentrionales (26°-27° S) República Argentina. *X Congreso Geológico Argentino*, I: 231-234.
- Turner, J., 1962. Estratigrafía de la región al naciente de la Laguna Blanca, Catamarca. *Revista Asociación Geológica Argentina XVII* (1-2): 11-46.
- Walker, R.G., 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. En: R.G. Walker y N.P. James (Eds.). *Facies Models, Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada: 1-14.
- Wells, S.G. y A.M. Harvey, 1987. Sedimentologic and geomorphic variations in storm generated alluvial fans, Howgills Fells, northwest England. *Geological Society of America Bulletin* 98: 182-198.

Claudia MURUAGA
IESGLO, F.C.N. e I.M.L.
Universidad Nacional de Tucumán
Miguel Lillo 205, (4000) Tucumán
Telefax 0381 4321165.
E-mail: iesglount@infovia.com.ar

Recibido: 27 de julio de 2000.
Aceptado: 27 de marzo de 2001.