

# FACIES Y AMBIENTES DEL GRUPO SALTA (CRETÁCICO-PALEÓGENO) EN TUMBAYA, QUEBRADA DE HUMAHUACA, PROVINCIA DE JUJUY

María Cristina SÁNCHEZ<sup>1</sup> y Rosa A. MARQUILLAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INCE - Universidad Nacional de Salta, Salta. E-Mail: msanchez@unsa.edu.ar

<sup>2</sup> CONICET, Universidad Nacional de Salta, Salta. E-Mail: rosamarquillas@gmail.com

## RESUMEN

Los depósitos rojos del Grupo Salta (Cretácico-Paleógeno) que afloran en la quebrada de Tumbaya, margen derecha de la quebrada de Humahuaca (provincia de Jujuy), se caracterizan por presentar facies distintas a las típicas de otros lugares de la cuenca. Son facies proximales de ambiente general árido a semiárido cuya acumulación avanzó sobre el extremo N-NO del alto constituido por la dorsal Salto-Jujeña. La relación de base y de techo del depósito es de discordancia erosiva con el Grupo Mesón (Cámbrico) y angular con acumulaciones cuaternarias de bajada respectivamente. En el afloramiento están representadas las principales unidades del Grupo Salta tanto del *synrift* como del *postrift*. El reconocimiento y estudio de las facies permitió identificar y caracterizar de base a techo los Subgrupos Pirgua, Balbuena y Santa Bárbara, y las distintas formaciones de cada subgrupo. En el Subgrupo Pirgua (arenas eólicas) no es posible diferenciar sus tres unidades formacionales, por lo tanto se lo menciona como Formación Pirgua. En el Subgrupo Balbuena se reconocen las Formaciones Lecho, que consta de facies fluviales de tipo mantos de crecida, y Yacoraite que muestra condiciones ambientales transicionales, continentales y marino litoral-sublitoral carbonático influenciado por mareas y tormentas. El Subgrupo Santa Bárbara está presente con sus Formaciones Mealla, Maíz Gordo y Lumbrera que representan una sucesión fluvial granodecreciente con desarrollo de paleosuelos múltiples; se reconocen mantos de crecida asociadas a planicies fangosas.

Palabras clave: *Tumbaya, Grupo Salta, Cretácico-Paleógeno, facies, paleoambientes.*

**ABSTRACT:** *Facies and environments of the Salta Group (Cretaceous-Paleogene) in Tumbaya, Quebrada de Humahuaca, Jujuy Province.* The red deposits of Salta Group (Cretaceous-Paleogene) which outcrops in the quebrada de Tumbaya, right margin of Quebrada de Humahuaca (province of Jujuy), are 400 m thick and they are characterized by facies that differs from the typical ones in their places of the Salta Group basin. They are proximal facies, characterized by arid and semi-arid conditions whose accumulation advanced on the N-NW side of the Salto-Jujuy high structure. Salta Group is separated from the underlying Cambrian Meson Group by an erosive discordance. An angular discordance at the top of the Group separates it from the superposed Quaternary deposits. In Tumbaya, the two main units of Salta Group, the synrift and post-rift, are represented. The research and study of sedimentary facies allowed to identify and to characterize the three Sub-groups (Pirgua, Balbuena and Santa Bárbara) and to differentiate their formations. The Pirgua Subgroup consists of eolian sandstones; it is not possible to differentiate its three formation units, therefore it is mentioned as Pirgua Formation. The Balbuena Subgroup is subdivided into two formations, Lecho and Yacoraite Formations. The Lecho Formation is characterized by sheet floods facies and the Yacoraite Formation displays transitional, continental and marine litoral-sublitoral carbonatic environmental conditions influenced by tidal currents and storms. The three formations of Santa Barbara Subgroup are present: (Mealla, Maíz Gordo and Lumbrera), which represent a fining-upward fluvial succession with development of multiple paleosoils; there have also been identified sheet floods and floodplain facies.

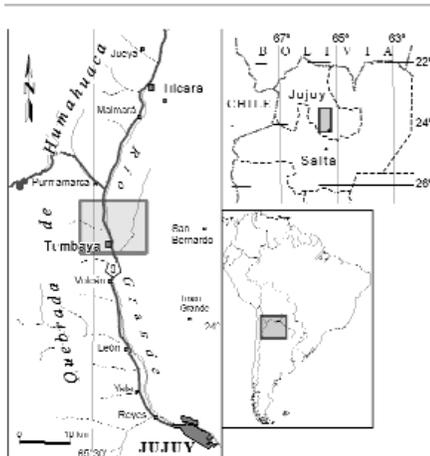
Keywords: *Tumbaya, Salta Group, Cretaceous-Paleogene, facies, paleoenvironments.*

## INTRODUCCIÓN

El Grupo Salta (Turner 1959) del Cretácico-Paleógeno aflorante en la quebrada de Tumbaya sobre la margen derecha de la quebrada de Humahuaca y ubicada 40 km al norte de la ciudad de San Salvador

de Jujuy (Fig. 1) tiene características particulares. Los afloramientos de naturaleza clástica y clástico-química resaltan especialmente en el paisaje por su intenso color rojo, lo que contrasta con las acumulaciones aluviales-fluviales cuaternarias de la zona que son de tonos castaños amari-

lentos pálidos y con los tonos oscuros del basamento (Fig. 2). La base de la columna cretácico-paleógena no aflora en la quebrada de Tumbaya, no obstante el marco geológico revela que en la región suprayace mediante discordancia erosiva sobre las cuarcitas cámbricas de la Forma-



**Figura 1:** Mapa de ubicación regional. El recuadro indica la zona de estudio.

ción Chalhualmayoc (Sánchez 1994, Sánchez y Salfity 1994, 1999) unidad superior del Grupo Mesón (Turner 1960), pero en parte también es tectónica con el mismo Grupo (quebrada de Coiruro). En tanto la relación del techo es angular con los niveles cuaternarios.

Por el color y la naturaleza arenoso-pelítica aquellos depósitos rojos fueron asignados al Terciario (Formación Chaco; Arigós y Vilela 1949) por Ramos *et al.* (1967) quienes estimaron un perfil bastante completo en la zona con 1.800 m de espesor parcial. Sin embargo otros autores adjudicaron esos afloramientos a diferentes unidades del Grupo Salta, así Gabaldón *et al.* (1998) reconocen al Subgrupo Santa Bárbara indiferenciado y González (2003) al Subgrupo Balbuena sin distinguir las unidades formacionales.

El objetivo del presente trabajo es analizar esos depósitos, interpretados en base a los atributos faciales y a la posición paleogeográfica coincidente con el borde N-NO de la dorsal Salto-jujeña (Fig. 3) como facies marginales del Grupo Salta, y caracterizar las unidades litoestratigráficas previamente definidas por Sánchez y Marquillas (2008). De allí que el estudio se orientó al reconocimiento de las facies sedimentarias y la interpretación paleoambiental. Con esas herramientas se procedió a comparar los afloramientos de la quebrada de Tumbaya con otras áreas de la cuenca donde la columna estratigráfica y las facies típicas del Grupo Salta son

bien conocidas (Salfity y Marquillas 1999, Marquillas *et al.* 2005, entre otros). En la quebrada de Tumbaya se midieron 400 m de espesor para el Grupo Salta, el valor es parcial ya que el techo está erosionado.

## MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio se ubica en la porción central de la Cordillera Oriental argentina (Turner y Mon 1979). Desde el punto de vista estructural la región está caracterizada por un sistema de delgadas escamas imbricadas con vergencia hacia el oeste, algunas de ellas están delimitadas por fallas tanto en la base como en el techo, dando lugar a cabalgamientos (Mon *et al.* 1993). Estas escamas involucran al basamento precámbrico-eocámbrico representado por la Formación Puncoviscana (Turner 1960) y a rocas del Paleozoico Inferior, especialmente del Cámbrico Medio-Superior representado por el Grupo Mesón (Fig. 4).

La Formación Puncoviscana está constituida por rocas metamórficas de bajo grado, de color gris-verdoso, en ellas los rasgos sedimentarios están apenas obliterados, de modo que es común reconocer las características sedimentarias de las sucesiones turbidíticas (Omarini y Baldi 1984, Jezek 1990).

En relación de discordancia angular sobre la anterior se dispone el Grupo Mesón. Esta situación es reconocible sobre la margen derecha de la quebrada de Tumbaya, en Corte Azul y también en la quebrada La Cárcel-El Porvenir, afluente de la quebrada de Tumbaya (Fig. 4). Por otro lado, en la zona de trabajo es frecuente que el Grupo Mesón muestre relación tectónica tanto con la Formación Puncoviscana como con las unidades postcámbricas. El Grupo Mesón está compuesto de base a techo por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc; constituye una secuencia silicoclástica litoral-marina somera con notable influencia de corrientes de marea (Sánchez y Salfity 1999).

En el tramo superior de la quebrada La Cárcel-El Porvenir aflora una delgada es-

cama tectónica entre la Formación Puncoviscana y el Grupo Mesón, compuesta por arenisca fina limosa, micácea y pelita de color verde-amarillento con abundantes fósiles del Ordovícico Inferior. Se asigna este depósito, de acuerdo con el planteo propuesto por Astini (2003), a la Formación Santa Rosita (unidad basal del Grupo Santa Victoria; Turner 1960).

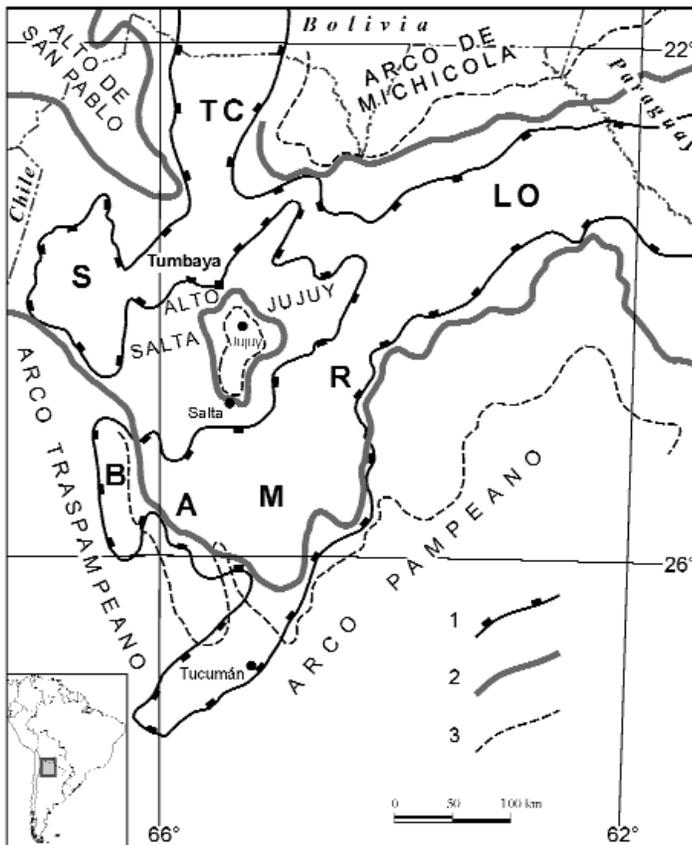
La columna estratigráfica de la zona continúa hacia arriba con los depósitos del Cretácico-Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. Los primeros son el objetivo del presente estudio por lo que serán tratados en detalle más adelante. Los depósitos del Neógeno se caracterizan por facies continentales aluviales-fluviales pardo-amarillentas y castaño-rojizas. Estos depósitos corresponderían a las denominadas Formación Maimará (Salfity *et al.* 1984) y Formación Chaco por otros autores (Ramos *et al.* 1967). La base de la unidad neógena no está expuesta en la zona de trabajo, y el techo es una evidente discordancia angular con los conos de deyección cuaternarios. Por otro lado, espesos niveles cuaternarios de bajada, depositados periódicamente por flujos densos, cubren a las unidades precuaternarias.

## EL GRUPO SALTA (NEOCOMIANO - EOCENO)

En el noroeste argentino el Grupo Salta del Neocomiano-Eoceno tiene amplia distribución y ha sido motivo de diversas investigaciones. Se desarrolló en una cuenca de *rift* intracontinental relacionada con la ruptura de Gondwana en el Kimmeridgiano-Cretácico Inferior y finalizó con la fase Incaica en el Eoceno medio a superior (Salfity y Marquillas 1994, 1999, Hernández *et al.* 1999). En sus depósitos son bien reconocibles las etapas de *synrift* (Subgrupo Pirgua) y de *postrift* (Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara) (Salfity y Marquillas 1994, Marquillas *et al.* 2005). En Tumbaya se han reconocido estas dos etapas (Fig. 5). Así, la columna del Grupo Salta de Tumbaya permite definir mediante un relevamiento detallado a los tres



**Figura 2:** Vista panorámica de los depósitos rojos del Grupo Salta en la quebrada de Tumbaya. La línea blanca indica el límite entre los depósitos de *synrift* y *postrift*. Los estratos buzcan hacia el oeste. En el borde izquierdo de la foto se observa la relación de discordancia angular entre los depósitos del Cretácico-Paleógeno y del Cuaternario. Los bloques montañosos de color oscuro, elevados por una falla inversa de rumbo submeridiano, son del basamento paleozoico (Grupos Mesón y Santa Victoria).



**Figura 3:** Esquema paleogeográfico de la cuenca del Grupo Salta adaptado de Marquillas *et al.* (2005). Se indican los altos estructurales, los límites de los tres episodios de depósito correspondientes al Subgrupos Pirgua (1), Balbuena (2) y Santa Bárbara (3), y las subcuencas de Tres Cruces (TC), de Olmedo (LO), Sey (S), Brealito (B), Alemania (A), Metán (M) y El Rey (R).

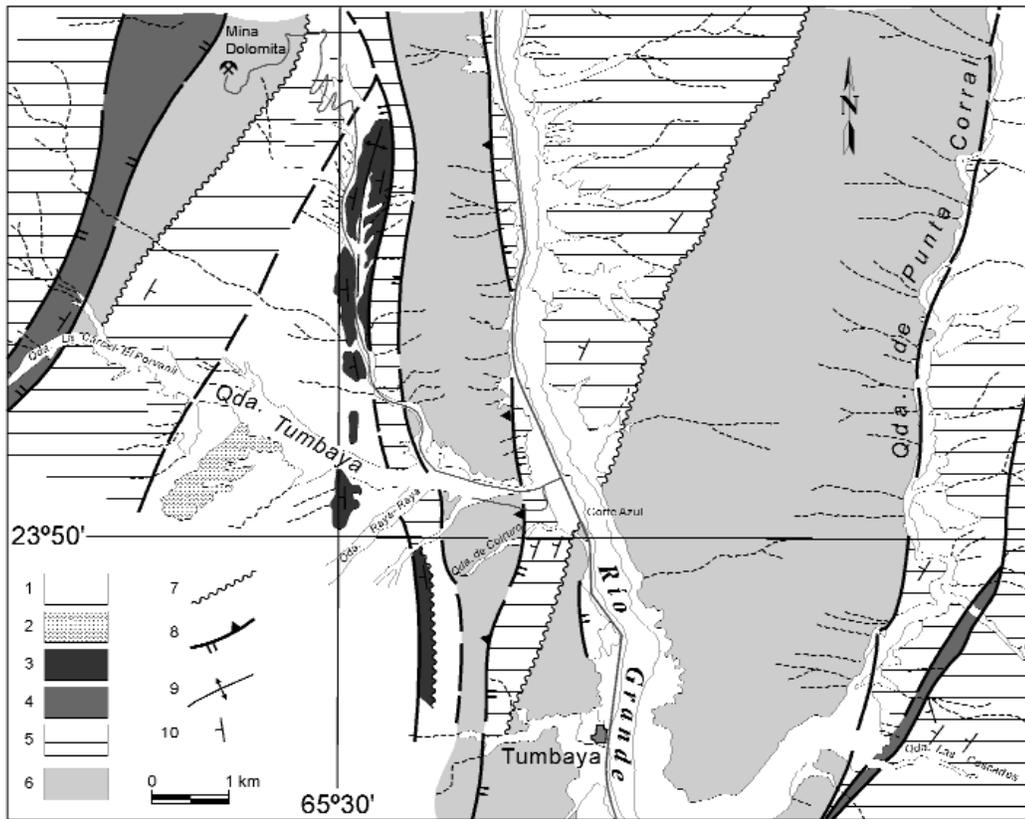
Subgrupos que lo conforman: Pirgua, Balbuena y Santa Bárbara, usando siempre como nivel guía en los trabajos de campo a los niveles carbonáticos de la Forma-

ción Yacoraita, unidad intermedia del Subgrupo Balbuena. La base de esta sucesión cretácico-paleógena está cubierta en la zona, pero por el

contexto regional (Sánchez 1994, Sánchez y Salfity 1994, 1999) se considera que la relación de base es de discordancia erosiva con el Cámbrico (Grupo Mesón). La relación del techo es de discordancia angular con depósitos cuaternarios de bajada. Desde el punto de vista paleogeográfico el área de trabajo se ubicaría, de acuerdo con Salfity y Marquillas (1999), en el extremo austral de la subcuenca de Tres Cruces; la sedimentación cretácico-paleógena habría avanzado sobre el basamento precámbrico-paleozoico del alto paleogeográfico representado por la dorsal Salto-Jujeña (Fig. 3).

### Subgrupo Pírgua/Formación Pírgua (Neocomiano-Senoniano temprano)

La acumulación cretácico-eocena en la comarca de estudio comienza con el Subgrupo Pírgua para el que se midió 280 m de espesor. Las facies reconocidas para este subgrupo en la zona no son las típicas definidas en otras áreas de la cuenca, tales como las subcuencas de Alemania y Metán (Fig. 3) (Reyes y Salfity 1973, Salfity y Marquillas 1999, Sabino 2002). En esas subcuencas se diferencian tres unidades formacionales que son de base a techo: La Yesera, Las Curtiembres y Los Blanquitos, que representan la etapa de *synrift*, cada una de esas unidades muestra litofacies características. Así, la Formación La Yesera está compuesta principalmente por conglomerados con escasas intercalaciones de areniscas y pelitas, y conglomerados arenosos rojos con algunas coladas de lava en el tramo superior de la unidad. Corresponden a depósitos de abanicos aluviales y ríos entrelazados (Sabino 2002, Marquillas *et al.* 2005). La Formación Las Curtiembres consta de limolita castaño-rojiza y verde-grisácea intercalada con delgados niveles de arenisca; los sedimentos finos se habrían depositado en un lago somero de aguas salobres a dulces (Sabino 2002). La Formación Los Blanquitos constituye una sucesión granocreciente de arenisca mediana a gruesa de naturaleza arcósico-lítica, con paleosuelos carbonáticos incipientes, que habría sido acumulada por ríos arenosos



**Figura 4:** Mapa geológico de la región de estudio (modificado de Sánchez, 1994). 1 Cuaternario indiferenciado. 2 Neógeno indiferenciado. 3 Grupo Salta indiferenciado. 4 Grupo Santa Victoria. 5 Grupo Mesón. 6 Formación Puncoviscana. 7 Discordancia. 8 Corrimiento. 9 Pliegue anticlinal. 10 Rumbo y buzamiento.

(Sabino 2002, Marquillas *et al.* 2005). El depósito del Subgrupo Pírgua expuesto en Tumbaya no muestra características faciales similares a las antes descritas, en cambio sí se reconocen facies que pueden ser relacionadas con las reconocidas en la comarca de Tres Cruces (Fig. 3) por Sabino (2002) y Marquillas *et al.* (2005). Por lo tanto se ha considerado conveniente seguir el criterio de esos autores y definir al depósito como Formación Pírgua.

**La Formación Pírgua:** En Tumbaya la Formación Pírgua está compuesta por la agradación de ciclos granodecrecientes de arenisca gruesa o mediana a fina, de color rojo-naranja. Se trata de cuerpos tabulares a ligeramente cuneiformes de arenas bien seleccionadas y con clastos bien redondeados; las bases son planas a ligeramente erosivas. Presentan entrecruzamientos tangencial y planar que varían entre 20° y 30° y conforman grandes sets de 2 m de espesor promedio (Fig. 6a); también se reconocen otros sets menores. El espesor de las láminas que forman los sets varía

entre 2 mm y 2 cm. Las superficies de reactivación suelen estar recubiertas por tapices de arcilla o limo.

Las características del depósito son similares a las descritas para aquellos generados por caída de granos (*grainfall*) en las crestas de las dunas, y por flujos de granos (*grainflow*) en las partes más bajas y menos empinadas de las dunas y en las zonas de interdunas (Clemmensen y Abrahamsen 1983, Veiga *et al.* 2002, Combina 2006). Tanto la caída de granos como los flujos de granos (o flujos de arena/*sandflow*) son procesos comunes en la formación de las grandes dunas.

También son comunes en la Formación Pírgua de la quebrada de Tumbaya los mantos de arena compuestos por la agradación de areniscas medianas y finas, de moderada selección, y limolitas. Son cuerpos tabulares, de base plana y techo plano, con laminación planar paralela dada por la alternancia de láminas de diferente tamaño de grano y/o color (Fig. 6b); algunas láminas están suavemente inclinadas (2°-5°). En base a las características

sedimentarias de estos mantos y la asociación con las dunas eólicas, podrían corresponder a depósitos de interdunas.

#### **Subgrupo Balbuena** (Senoniano tardío-Paleoceno temprano)

El Subgrupo Balbuena representa el primer estadio de la etapa de *postrift* del Grupo Salta (Marquillas *et al.* 2005). De las tres unidades que clásicamente conforman el subgrupo (de base a techo: Formaciones Lecho, Yacoraite y Olmedo/Tunal), en el área de estudio solamente se reconocieron las dos primeras con espesores muy reducidos (Fig. 6c). Cabría la posibilidad de que la Formación Olmedo/Tunal esté presente con espesor reducido y facies atípicas que podrían haber quedado aquí incorporadas en el techo de la Formación Yacoraite, ello será investigado en un próximo trabajo en la zona.

**Formación Lecho:** La Formación Lecho es la unidad basal del Subgrupo Balbuena, mide 40 m de espesor en la zona de trabajo; constituye una secuencia granode-

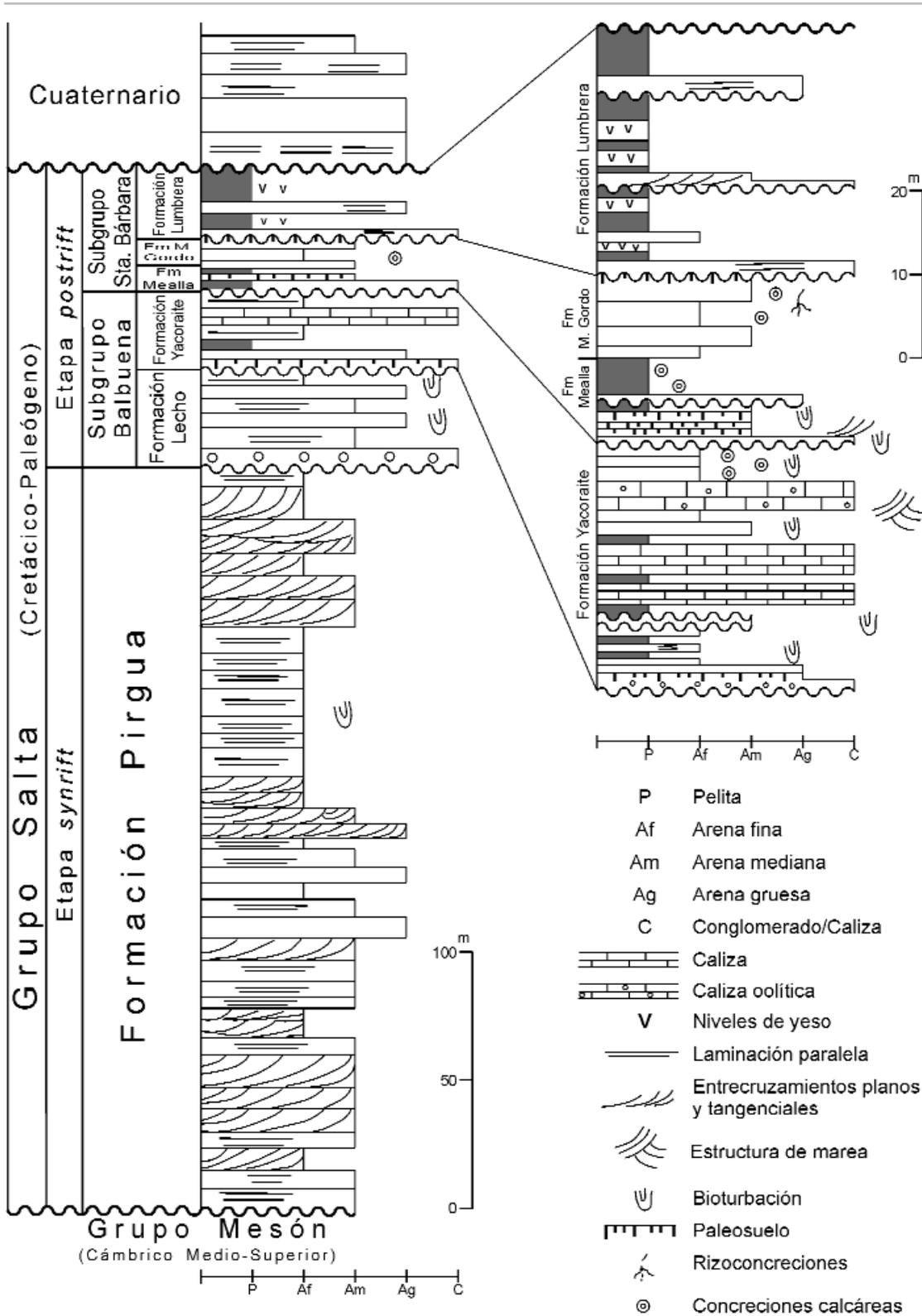


Figura 5: Columna estratigráfica del Grupo Salta en la quebrada de Tumbaya.

creciente que se inicia con un nivel tabular de arenisca muy gruesa, de base erosiva y de color pardo-amarillento. El perfil

se completa con arenisca calcárea rojiza que varía de grano grueso a fino, e inclusive es limosa. Las arenas de la porción

inferior de la unidad son de grano mediano y tienen algunas intercalaciones de areniscas gruesas con buen redondeamiento

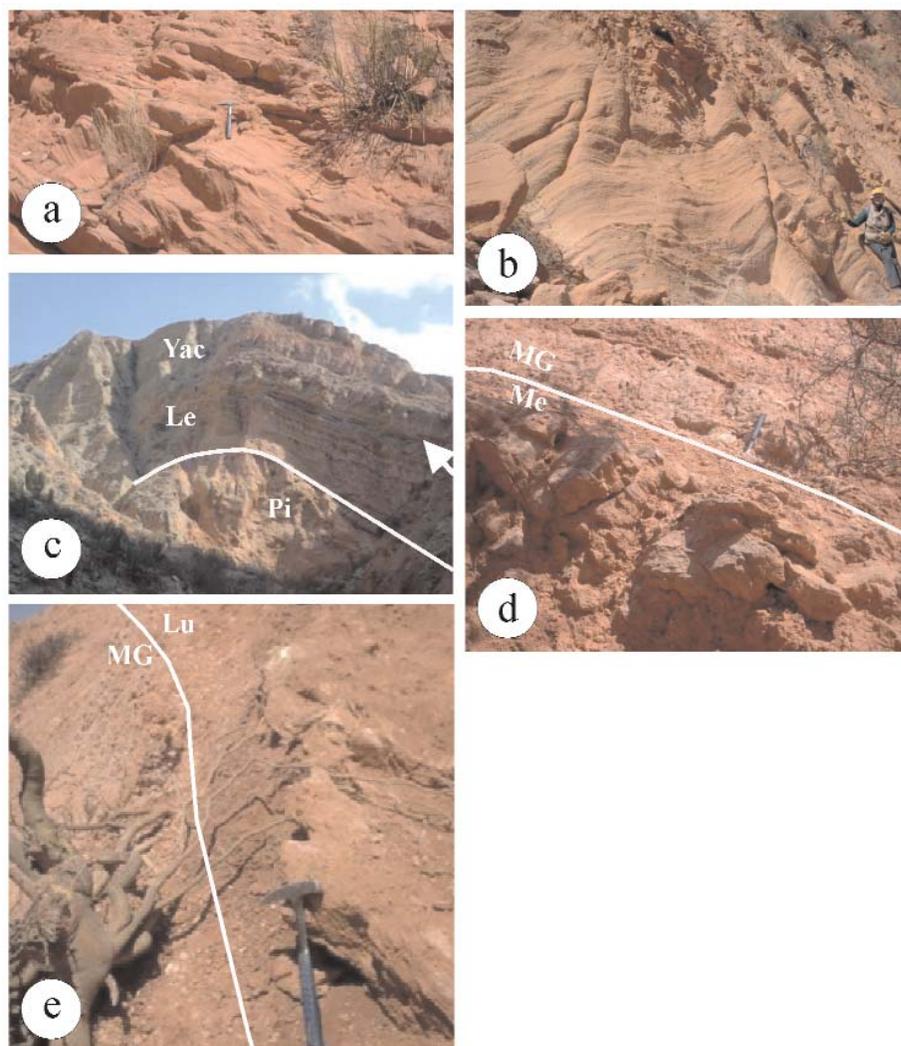
to. La estratificación es tabular, regularmente definida, con base y techo planos. Se advierte laminación paralela evidenciada ya sea por la variación del tamaño de grano o por el color. Algunos estratos de la base presentan laminación convoluta.

Hacia el tope de la unidad son comunes las areniscas finas, limosas y macizas, muestran geometría tabular y contactos planos. La bioturbación es abundante en el tramo superior de los estratos; se trata de excavaciones de 0,2 a 0,3 cm de diámetro promedio, que podrían haber sido ocasionadas por vermes o artrópodos.

La suma de las características de las areniscas, esto es: geometría tabular extensamente desarrollada, escasez de estratificación entrecruzada, estructuras deformacionales (laminación convoluta) sugieren condiciones de corrientes efímeras, correspondientes a depósitos de manto de crecida (*sheet flood*) (Tunbridge 1981, Olsen 1989). Por otro lado, la actividad de los organismos en el tramo superior del depósito evidencia la naturaleza episódica de las corrientes fluviales, lo que es frecuente en los ambientes semiáridos como los que se infieren para la región.

**Formación Yacoraite:** Ésta aflora en la zona con 30 m de espesor. Es posible diferenciar una sección inferior clástica, una parte media carbonática y otra superior nuevamente clástica.

La sección inferior constituye una sucesión granodecreciente que se inicia con un conglomerado mediano y culmina con arenisca fina con intercalaciones de limolita y fangolita. El conglomerado (2 m de espesor) es mediano, con clastos subredondeados de hasta 30 cm de diámetro de cuarcita morada y gris-blancuecina del Grupo Mesón (Cámbrico) y pardo-grisácea del Grupo Santa Victoria (Ordovícico). No se observa organización interna, la estratificación es poco definida, tabular; la base es erosiva y el techo plano. Sobre el conglomerado se disponen niveles tabulares de arena gruesa y mediana a fina con un conspicuo nivel de paleosuelo de color rosado-blancuecino, decolorado, con evidencias de bioturbación y



**Figura 6:** a) Sets de estratos entrecruzados de arenisca mediana de la Formación Pirguá; b) Bancos tabulares de arenisca mediana y gruesa de la Formación Pirguá, con laminación paralela; c) Vista general del Subgrupo Balbuena formado por las Formaciones Lecho y Yacoraite. La flecha indica el contacto concordante erosivo entre estas unidades. La Formación Lecho (inferior) está formada por mantos rojos de arenisca tipo *sheet flood*. La Formación Yacoraite (superior) consta de calizas oolíticas y fangosas, areniscas calcáreas, con intercalaciones de arcillita laminada; constituye resaltos topográficos conspicuos; d) Aspecto del contacto concordante entre las Formaciones Mealla (inferior) y Maíz Gordo (superior). La flecha indica el plano de contacto. La Formación Maíz Gordo presenta aspecto homogéneo, con desarrollo de paleosuelo, y es de color más claro que la unidad infrayacente; e) Contacto entre la Formaciones Maíz Gordo (inferior) y Lumbrera (superior) indicado por la línea negra. Dada la naturaleza litológica de estas unidades, sus afloramientos son susceptibles a la erosión por lo que están parcialmente cubiertos por un manto de detritos. La Formación Lumbrera se inicia con un nivel de conglomerado de 1 m de espesor. La piqueta indica un nivel de yeso de 10 cm de espesor. Estos niveles están distribuidos en toda la Formación Lumbrera.

marcas verticales y bifurcadas de raíces. Las areniscas medianas a finas son de cuarzo, feldespato potásico, chert, fragmentos de cuarcitas y cuarzo volcánico, con cutanes y cemento silíceo. La parte inferior de la Formación culmina con arenisca cuarzosa fina, rojo-blancuecina, con

intercalaciones de limolita y fangolita rojiza y grisácea; la geometría de los estratos es tabular con contactos planos y ondulados y laminación paralela.

La sección media es carbonática y exhibe señales inequívocas de las facies que caracterizan a la Formación Yacoraite en

otras partes de la cuenca de depósito (Marquillas *et al.* 2007). Consta de calizas grises tanto de alta como de baja energía; son calizas esparíticas oolíticas y calizas fangosas, con delgadas intercalaciones de arcilita verde finamente laminada. Las facies de carbonatos de alta energía predominan en esta sección, corresponden a *grainstone* oolítico grueso con oolitas concéntricas de uno o más núcleos, los núcleos son de granos de cuarzo o fragmentos de gasterópodos, y *packstones* oolíticos-biolásticos arenosos con oolitas radiales, foraminíferos, ostrácodos, fragmentos de huesos y granos detríticos tamaño arena y limo. Son frecuentes los niveles de arenisca calcárea con oolitas tanto enteras como rotas, y de arenisca con dos poblaciones de granos: arena fina a muy fina angulosa y arena mediana redondeada a subredondeada, con abundantes opacos. También se reconocen niveles de carbonatos con mezcla de elementos donde se pueden observar micrita, microfósiles enteros y fragmentos biolásticos, oolitas, material silicoclástico arenoso y limoso, y cemento esparítico; con estilolitas. Son frecuentes delgados niveles calcáreos con gasterópodos totalmente recristalizados que miden 0,7 cm promedio de largo.

Las facies de carbonatos de baja energía son de *wackestone* biolástico limoso y *mudstone* calcáreo; las dos facies poseen abundante micrita, ostrácodos, y aislados y pequeños (milimétricos) fragmentos fosfatizados de huesos. En esta parte del depósito de la Formación Yacoraite aflorante en Tumbaya son comunes las evidencias de estructuras de marea y *hummocky*. También se reconocieron delgadas calizas estromatolíticas.

La sección superior de la Formación Yacoraite está constituida por calizas arenosas y areniscas calcáreas de grano mediano a fino, váquicas, macizas. Las concreciones carbonáticas son abundantes en todos los niveles de la sección superior, mientras que las marcas de raíces son frecuentes en el tramo más bajo de esta parte de la unidad. Las calizas son microesparíticas con granos de calcedonia, cuar-

citaz, chert y abundantes óxidos.

Se interpreta que el depósito de la Formación Yacoraite en esta zona, durante su acumulación habría estado controlado por condiciones ambientales mixtas y transicionales. Se supone un fuerte aporte continental al inicio del depósito, probablemente en un medio de canales fluviales luego menguados o abandonados permitiendo la evolución de niveles de suelos. El ambiente depositacional habría variado a marino litoral y sublitoral con aumento de la energía por corrientes de marea y de oleaje. Las calizas oolíticas estarían indicando ambiente marino somero de aguas limpias y agitadas, afectado por corrientes tidales y tormentas. Finalmente muestra condiciones de *lagoon* protegido y planicie supramareal.

#### **Subgrupo Santa Bárbara** (Paleoceno-Eoceno)

Los depósitos del Subgrupo Santa Bárbara corresponden a la etapa final de *post-trift*. Se reconocen las tres Formaciones del Subgrupo, que son de base a techo: Mealla, Maíz Gordo y Lumbrera. Los espesores medidos son reducidos y las facies reconocidas muestran características de borde de cuenca, similares a las descritas para el valle Calchaquí de la provincia de Salta (del Papa, *com. pers.*).

**Formación Mealla:** Ésta tiene 9 m de espesor y constituye una sucesión grano y estratodecreciente que grada de conglomerado a limolita, de color pardo-rojizo en superficie y rosado-blancuecino en corte fresco, con un conspicuo desarrollo de paleosuelos.

El conglomerado es fino, de 3,50 m de potencia, matriz soporte, redondeado a subredondeado, con 80% de clastos irregulares de cuarcitas del Grupo Mesón (Cámbrico); el resto son clastos de grauvaca gris-verdosa de la Formación Puncoviscana (Precámbrico-Eocámbrico), arenisca cuarzosa del Grupo Santa Victoria (Ordovícico) y cuarzo; como componente intracuenal tiene fragmentos de paleosuelos. Se intercalan delgados niveles de arenisca mediana a fina; los estratos son de geometría tabular, de base erosiva e

irregular, algunos de ellos con laminación entrecruzada de bajo ángulo, pero en general predominan los bancos macizos a causa de la intensa bioturbación por perforaciones verticales de organismos y raíces.

La unidad se completa con una sucesión limosa con algunos niveles arenosos finos. El conjunto limoso es macizo, con nódulos carbonáticos y pedotúbulos. La arenisca es mediana a fina, bioturbada, con niveles de paleosuelo.

Por las características descritas, el ambiente de depósito correspondería a un sistema fluvial con canales de baja sinuosidad en una planicie aluvial que alcanzaría mayor desarrollo hacia el tercio superior de la Formación Mealla, donde ocurriría el abandono del canal y el predominio de los procesos de agradación. Se interpreta que la presencia de paleosuelos múltiples evidenciaría la condensación del registro por baja tasa de sedimentación, probablemente vinculada a un ascenso del nivel de base local.

**Formación Maíz Gordo:** Se han medido 10 m de espesor para esta unidad que está representada por bancos tabulares de arenisca mediana, maciza, que incluyen clastos dispersos de cuarcita cámbrica de hasta 4 cm de diámetro; tiene intercalaciones de arenisca fina, gris verdosa. Un rasgo llamativo es que todo el depósito se presenta alterado por pedogénesis carbonática con abundantes nódulos y rizoconcreciones, lo que le confiere un color de alteración rosado-blancuecino. De acuerdo con Do Campo *et al.* (2007) estos rasgos insinúan un pobre desarrollo de paleosuelos.

La relación de base de la Formación Maíz Gordo con la Formación Mealla es concordante (Fig. 6d), mientras que el contacto con la unidad suprayacente, Formación Lumbrera, es de discordancia erosiva (Fig. 6e).

Se interpreta que los depósitos de la Formación Maíz Gordo se habrían acumulado en un ambiente fluvial. Los bancos tabulares de arenisca con clastos dispersos, de geometría tabular, sin base erosiva, sugieren un depósito por corrientes manti-

formes, no canalizadas, tipo mantos de crecida, desarrollados en un ambiente semiárido (Olsen 1989). Por otra parte, la presencia de nódulos de carbonatos en paleosuelos pobremente desarrollados también indica un clima árido a semiárido (Gille *et al.* 1966).

*Formación Lumbreira*: esta unidad de 30 m de espesor tiene facies de limolita, arenisca limosa y arenisca fina, de color pardo-rojizo y verde-grisáceo, bien estratificada, y frecuentes niveles de yeso de 10 cm de espesor promedio.

En el perfil de Tumbaya, la Formación Lumbreira se inicia con un conglomerado matriz soporte, de 1 m de espesor, de base erosiva y techo plano. El tamaño de los clastos del conglomerado varía de mediano a fino, son subangulosos y provienen de unidades tanto del Paleozoico Inferior como del Cretácico y Paleoceno Temprano: son de cuarcita gris-blancuecina y morada del Grupo Mesón, *wacke* verde-amarillenta del Grupo Santa Victoria, y calizas estromatolíticas y oolíticas de la Formación Yacoraite; también incluye clastos de hasta 30 cm del paleosuelo de la unidad infrayacente (Formación Maíz Gordo). En general el aspecto del conglomerado es caótico, aunque en algunos niveles los clastos están dispuestos acorde a la estratificación.

Hacia el techo, la formación consta de limolita y arenisca fina a limosa con abundantes intercalaciones de yeso. Las limolitas forman conjuntos homogéneos y macizos, mientras que las areniscas finas constituyen delgados niveles más resistentes a la erosión que marcan la estratificación. Entre las limolitas y areniscas limosas se intercalan sucesiones grano y estrato decrecientes de 1 m de espesor máximo de arenisca gruesa a fina, que tiene base erosiva e internamente muestra laminación paralela y entrecruzada planar. Las características descritas sugieren un ambiente de planicie fangosa-arenosa semiárida a árida, asociada a mantos de crecida en el cual la sedimentación se habría iniciado con un flujo de detritos que incluye clastos extra e intracuencales. Las pelitas se habrían depositado a partir de

flujos de baja energía y posterior decantación en un ambiente oxidante. Los niveles de arena representarían períodos de crecidas de los sistemas fluviales que estarían asociados a momentos de lluvias y avenidas que habrían inundado la llanura fangosa en forma de corrientes poco canalizadas o no confinadas, tipo mantos de crecida (Miall 1985, Tunbridge 1984), incorporando material grueso al depósito.

## CONCLUSIONES

Después de haberse asignado los afloramientos rojos de la quebrada de Tumbaya de la quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, tanto al Terciario como a unidades mayores sin diferenciar (Subgrupos) del Grupo Salta del Neocomiano-Eoceno, en este trabajo se confirma la presencia de unidades formacionales pertenecientes a los Subgrupos Pirgua, Balbuena y Santa Bárbara.

Se reconocieron los depósitos de las Formaciones Pirgua, Lecho, Yacoraite, Mealla, Maíz Gordo y Lumbreira. Las facies sedimentarias son marginales y los espesores reducidos en general. La sedimentación habría ocurrido en el extremo austral de la subcuenca de Tres Cruces, avanzando sobre el alto estructural que representaba la dorsal Salto-Jujeña, la que estaba conformada por basamento precámbrico-paleozoico inferior.

Se ha interpretado una sucesión de ambientes deposicionales que muestran, desde la base al techo de la columna, condiciones eólicas en la Formación Pirgua; fluviales no confinadas en la Formación Lecho; litorales y marinas someras influenciadas por mareas y tormentas en la Formación Yacoraite; fluviales episódicas no canalizadas en las Formaciones Mealla y Maíz Gordo y planicies fangosas asociadas a mantos de crecida en la Formación Lumbreira.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha ejecutado en el marco de los Proyectos 1680 del Consejo de

Investigación de la Universidad Nacional de Salta y PIP-CONICET 114-200801-00061. Las autoras agradecen la colaboración de Cecilia del Papa e Ignacio Sabino en las tareas de campo; asimismo agradecen al doctor Luis Spalletti y a otro árbitro anónimo por la lectura crítica del manuscrito y los atinados comentarios que contribuyeron a mejorarlo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Arigós, L.E. y Vilela, C.R. 1949. Consideraciones geológicas sobre las Sierras Subandinas en la región de Tartagal (Prov. de Salta). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 4(2): 77-131.
- Astini, R.A. 2003. The Ordovician Proto-Andean basins. En Benedetto, J.L. (ed.) *Ordovician Fossils of Argentina*, Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba: 1-74, Córdoba.
- Clemmensen, L.B. y Abrahamsen, K. 1983. Eolian stratification and facies association in desert sediments, Arran basin (Permian), Scotland. *Sedimentology* 30: 311-339.
- Combina, A.M. 2006. Las eolianitas de la Formación Agua de la Piedra (Mioceno Tardío), Cordillera Principal (provincia de Mendoza, Argentina). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 13(2): 151-154.
- Do Campo, M., del Papa, C., Jiménez Millán, J. y Nieto, F. 2007. Clay mineral assemblages and analcime formation in a Palaeogene fluvial-lacustrine sequence (Maíz Gordo Formation Paleogen) from northwestern Argentina. *Sedimentary Geology* 201: 56-74.
- Gabaldón, V., González, M.A. y Lizuaín, A. 1998. El Mapa Geológico. En Gabaldón, V. y Lapido, O. (coord.) *Estudio Geológico Integrado de la Quebrada de Humahuaca*, provincia de Jujuy, Instituto Tecnológico Geominero de España – Servicio Geológico Minero Argentino, *Anales* 30: 1-68, Madrid.
- Gille, L.H., Peterson, F.F. y Grossman, R.B. 1966. Morphological and genetic sequence of carbonate accumulation in desert soils. *Soil Science* 101: 347-360.
- González, M.A., 2003. Hoja Geológica 2366-IV Ciudad de Libertador General San Martín, provincias de Jujuy y Salta. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR,

- Boletín 274, 109 p., Buenos Aires.
- Hernández, R.M., Disalvo, A., Boll, A. y Gomez Omil, R. 1999. Estratigrafía secuencial del Grupo Salta, con énfasis en las cuencas de Metán-Alemania, noroeste argentino. En González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J. (eds.) Geología del Noroeste Argentino, 14° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 1: 263-283.
- Jezek, P. 1990. Análisis sedimentológico de la Formación Puncoviscana entre Tucumán y Salta. En Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A.J. (eds.) El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino, Serie Correlación Geológica, 4: 9-36, San Miguel de Tucumán
- Marquillas, R.A., del Papa, C. y Sabino, I.F. 2005. Sedimentary aspects and paleoenvironmental evolution of a rift basin: Salta Group (Cretaceous-Paleogene), northwestern Argentina. *International Journal Earth Sciences* 94: 94-113.
- Marquillas, R.A., Sabino, I.F., Nóbrega Sial, A., del Papa, C., Ferreira, V. y Matthews, S. 2007. Carbon and oxygen isotopes of Maastrichtian-Danian shallow marine carbonates: Yacoraité Formation, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 23(4): 304-320.
- Miall, A.D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sciences Reviews* 22: 261-308.
- Mon, R., Rahmer, S. y Mena, R. 1993. Estructuras superpuestas en la Cordillera Oriental, provincia de Jujuy, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 48-54, Mendoza.
- Olsen, H. 1989. Sandstone-body structures and ephemeral stream processes in the Dinosaur Canyon Member, Moenave Formation (Lower Jurassic, Utah, USA). *Sedimentary Petrology* 61: 207-221.
- Omarini, R.H. y Baldis, B. 1984. Sedimentología y mecanismos deposicionales de la Formación Puncoviscana (Grupo Lerma, Precámbrico-Cámbrico) en el noroeste argentino. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 384-398, Buenos Aires.
- Ramos, V.A., Turic, M.A. y Zuzek, A.B. 1967. Geología de las quebradas de Huichaira-Pocoya, Purmamarca y Tumbaya Grande en la margen derecha de la Quebrada de Humahuaca (provincia de Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 22(3): 209-221.
- Reyes, C. y Salfity, J.A. 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pírgua) del noroeste argentino. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 355-385, Córdoba.
- Sabino, I.F. 2002. Geología del Subgrupo Pírgua (Cretácico) del noroeste argentino. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta, (inédita), 260 p., Salta.
- Salfity, J.A., Brandán, E.M., Monaldi, C.R. y Gallardo, E.F. 1984. Tectónica compresiva en la Cordillera Oriental argentina, latitud de Tilcara (Jujuy). 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 427-434, Buenos Aires.
- Salfity, J.A. y Marquillas, R.A. 1994. Tectonic and sedimentary evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group, Argentina. En Salfity, J.A. (ed.) *Cretaceous Tectonics of the Andes*, Friedr Vieweg & Sohn, Braunschweig-Wiesbaden, *Earth Evolution Science*: 266-315.
- Salfity, J.A. y Marquillas, R.A. 1999. La cuenca cretácico-terciaria del norte argentino. En Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina*, Servicio Geológico Minero, *Anales* 29: 613-626, Buenos Aires.
- Sánchez, M.C. 1994. El Grupo Mesón (Cámbrico) en el tramo austral de la Cordillera Oriental argentina. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta (inédita), 248 p., Salta.
- Sánchez, M.C. y Salfity, J.A. 1994. Las relaciones estratigráficas del Grupo Mesón (Cámbrico) en la Cordillera Oriental argentina. 7° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 528-532, Concepción.
- Sánchez, M.C. y Salfity, J.A. 1999. La cuenca cámbrica del Grupo Mesón en el noroeste argentino: desarrollo estratigráfico y paleogeográfico. *Acta Geológica Hispánica* 34(2-3): 123-139.
- Sánchez, M.C. y Marquillas, R.A. 2008. Síntesis estratigráfica del Cretácico-Paleógeno, quebrada de Tumbaya Grande, provincia de Jujuy. 12° Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes: 19, Buenos Aires.
- Turner, J.C.M. 1959. Estratigrafía del cordón de Escaya y de la sierra de Rinconada (Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 3: 15-39.
- Turner, J.C.M., 1960. Estratigrafía de la sierra de Santa Victoria, provincias de Salta y Jujuy. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 41: 163-196, Córdoba.
- Turner, J.C.M. y Mon, R. 1979. Cordillera Oriental. En Turner, J.C.M. (ed.) *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, 1: 57-94, Córdoba.
- Tunbridge, I.P. 1981. Sandy high-energy flood sedimentation – Some criteria for recognition with an example from the Devonian of S.W. England. *Sedimentary Geology* 28: 79-95.
- Veiga, G.D., Spalletti, L.A. y Flint, S. 2002. Eolian/fluvial interactions and high-resolution sequence stratigraphy of a non-marine lowstand wedge: the Avilé Member of the Agrio Formation (Lower Cretaceous), central Neuquén Basin, Argentina. *Sedimentology* 49: 1001-1019.

Recibido: 2009

Aceptado: 2010