

# *Geología y paleoambiente de la Formación Quebrada de los Colorados (Neógeno), en el antepaís de los Andes Centrales, Salta.*

*Arturo VILLANUEVA GARCÍA*

*Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205,  
4000 San Miguel de Tucumán, República Argentina.*

**Resumen.** Se conoce muy poco sobre los mecanismos de acumulación sintectónica y los ambientes sedimentarios de las cuencas Neógenas del antepaís de los Andes Centrales ( $18^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  latitud Sur), principalmente en aquellas situadas en la denominada zona de transición. Este trabajo es una contribución en ese sentido y pone énfasis en las facies asociadas y el paleoambiente, señalando algunas diferencias con cuencas similares en edad y posición marginal, situadas en el segmento tectónico de subducción subhorizontal.

El Grupo Payogastilla de edad Mioceno medio a Plioceno tardío, yace en discordancia angular sobre el Subgrupo Pirgua (Cretácico-Eoceno) y está integrado por cuatro formaciones, de la base al techo: Quebrada de Los Colorados, Angastaco, Palo Pintado y San Felipe. El arreglo de las facies de la Formación Quebrada de Los Colorados, permite interpretar un ambiente meandroso de baja sinuosidad y gradiente equivalente, con dominio de carga traccional, desarrollo de facies de acreción lateral, asociadas a depósitos canales, "crevasse splay" y planicie de inundación.

Este ambiente, en el antepaís de la zona de transición, se correlaciona con una deformación pausada y sostenida. En cambio, los depósitos que señalan el comienzo de la acumulación neógena en el antepaís del segmento subducido subhorizontalmente, se caracterizan por facies gravosas (abancos aluviales), vinculadas a una deformación enérgica y episódica. Estas diferencias en los ambientes y en la naturaleza de los depósitos, deben buscarse tanto en la distinta angularidad de la zona de Benioff como en la distinta heterogeneidad del zócalo cuencal.

**Palabras clave:** Cuencas de antepaís, Grupo Payogastilla, Andes Centrales.

**Key words:** Foreland basins, Payogastilla Group, Central Andes.

## **EXTENDED ABSTRACT**

The aim of this paper is not only to get acquainted with the paleoenvironment and the syntectonic deposits of foreland basins in the Central Andes ( $18^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ S), being located in the transition zone (Isacks et al., 1982) but also to point out some differences from those located in the subhorizontal subduction segment at equal marginal position (Fig. 1).

The Neogen accumulation in the foreland of the transition zone in the Argentinian Northwestern region is divided into three large Groups: Santa María (Galván &

Ruiz Huidobro, 1965), Orán (Russo & Serraioto, 1979) y Payogastilla (Díaz & Malizzia, 1983); the first crops out in the boundary lines of the Northwestern Pampean Sierras; the second in the Subandean Sierras and the third in the Eastern Cordillera and eastern border of the Puna. The Orán and Payogastilla Groups correspond to a distal and transgressive continental sedimentation, respectively.

The Payogastilla Group (PG) of Mid-Miocene to Late Pliocene age is made up of four formations, from bottom to top: Quebrada de Los Colorados, Angastaco, Palo Pintado and San Felipe. In the northern segment accumulation started 5 my after the begining of the

sedimentation in the southern segment (flat slab), while magmatism began at least one my before (Coira et al., 1982).

This diachronic tectosedimentary evolution within the Central Andes segments was also pointed out for the Santa María and Payogastilla Groups in the northwest of Argentina (Grier & Dallmeyer, 1990; Sosa Gómez y Miserendino Fuentes, 1992) in the Calchaquí Basin. This basin called Calchaquí Fosa by Méndez (1975) was redefined by Villanueva (1992). Its geographic location is limited by coordinates 24°41' up to 25°51' south latitude and 65°19' up to 65°46' west longitude and has an outcropping area of 7.500 square kilometers.

In the region of study the stratigraphic column is made up of the following units (Fig. 2): La Paya Formation (Aceñolaza et al., 1976), redefined by Villanueva (1992), integrates the western belt of the northwestern argentinian basement, defined by Mon and Hongh (1988) and belongs to Precambrian age; it is made up of polydeformed metamorphites of amphibolite facies. The Cachi Formation (Turner, 1964) of Cambrian Age is made up of a coarse-grained microcline stock which intrudes La Paya Formation; this unit integrates an extensive magmatic belt of about 200 km long in whose type locality trondhjemites are often found (Gallisky, 1983). Pirgua Subgroup from Late Cretaceous Age is composed of red facies which are correlated with synrift sedimentation of the Andean Basin (Salta Group). In the area of study this Subgroup is represented by a marginal sequence which discordantly rests on metamorphic and granitic units and is also covered by the Payogastilla Group.

In the Pucara Valley (Figs. 1 and 2) the PG only crop outs with its basal units, the Quebrada de Los Colorados (QLCF) and the Angastaco Formations. In the Huafin Valley outside of the working area the latter is discordantly covered by ignimbrites and vitreous tuffs, from Pleistocene Age.

The QLCF is 315 m thick (Fig. 2) and it is made up of markedly samicic red facies (93%) with pellites (6%) and fine conglomerates (1%) subordinate. Strata granulometry and thickness decrease northward and are correlated with the paleoflow which points to the same direction. It is a syntectonic molasic accumulation in marginal basin with cortical shortening whose cinematic style coincides with the Miocene deformation of the Puna (Marret & Allmendinger, 1987).

The lithosedimentary characteristics and the associated facies observed in the profile realized in the south of the valley (Fig. 2) make it possible to recognize the following deposits:

-channel deposits constituted by wide and shallow channel bars (facies Gms), associated with sand bed forms made up of pebbly coarse-grained sandstones with

horizontal stratification.

-point-bar deposits, well developed and preserved, made up of fine to coarse-grained sandstones (facies Sm/Shg) with traces of organic activity and soil development.

-interchannel fine deposits (facies Fl) which are interfingering with overflow deposits (facies Sm/Sh) and colic deposits (fine facies Sp).

#### **Interpretation of the environment**

The arrangement of facies is interpreted as deposits in a meandering system of low sinuosity and low gradient with a tractional load prevalence. Lateral accretion facies develop associated with an accumulation of channel, crevasse splay and flood plains.

The increasing grain cycles which are observed in the bottom and top section of the profile (Fig. 2) would represent crevasse splay deposits. This interpretation is arising from some features such as the variability of primary structures, the facies geometry and the associated facies (Spalletti, 1980; Collinson, 1980; Tyler & Ethridge, 1983).

The succession of increasing and decreasing grain cycles (mid-section of Fig. 2) suggests as well the pulsatory character of sedimentation. Thus, in periods of high flow regime streams, gravels were deposited forming longitudinal bars which eroded a pebbly sand bed and developed by the way a significant lateral accretion, constituted by point bars. The latter (facies Sm/Shg) are compound tabular bodies (Friend et al., 1979) as they are laid across by small filling-in channels. Besides, Todd & Went (1991) interpret that this channels of various positions change in the alluvial plain (Todd & Went, 1991).

In periods of wanning flows lateral accretion areas would clog with fine sediments. Due to the seasonal character of these events, they would colonize by vegetables.

#### **Final considerations**

The initial Neogen sedimentation in the geotectonic transition zone occurs in a period of cortical shortening, whose kinematic style coincides with the Miocene deformation of the Puna (Marret & Allmendinger, 1987). Deposits are dominantly red facies suggesting low energy and low accumulation depositional processes. This interpretation arises from the presence of paleosoils (Ghosh, 1987) which are inferred from the colour and speckling of some of their levels (Nichols, 1987) and as well from the presence of veinlets and carbonatic concretions. The resulting environment and its deposits are correlated with a slow and sustained deformation.

The initial Neogen sedimentation in the Precordillera (Reynolds et al., 1987) and Eastern Precordillera (Milana,

1992) begins in the subhorizontally subducted segment with gravel facies suggesting an energetic and episodic deformation.

Differences from sedimentary environments and deposits in both geotectonic segments should be thought not only in the distinct angularity of Benioff' zone, but also in the rheologic behaviour of the pretertiary shelf. This is significant in the mechanics of subsidence and development of foreland basins (Allmendinger et al., 1983; Milana, 1992).

## INTRODUCCIÓN

Durante esta última década se han enfocado diversos problemas geológicos de los Andes Centrales, fundamentalmente aquellos relacionados al edificio tectónico mixto y a las propiedades mecánicas y reológicas inherentes a su composición, que jugarian un rol importante en los mecanismos de subsidencia y desarrollo de las cuencas de antepaís (Allmendinger et al., 1983; Milana, 1992). En los Andes Centrales ( $18^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ S) se hallan tres modelos ó segmentos subductados de la placa sudamericana; de ellos, la situada entre los paralelos  $28^{\circ}$  -  $33^{\circ}$ S, la subducción es casi plana, mientras que las situadas al sur ( $34^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ S) y al norte ( $18^{\circ}$  -  $24^{\circ}$ S) de aquella, la subducción inclina  $30^{\circ}$  al Este (Barazangi & Isacks, 1979 y Barazangi, 1977).

El objetivo principal de este trabajo es contribuir al conocimiento sobre el paleoambiente del relleno sedimentario de cuencas de antepaís situadas entre segmentos de litósfera subductados con distinta angularidad. Gran parte del edificio andino del noroeste argentino se ubica dentro de esta zona, denominada zona de transición por Isacks et al. (1982).

Dentro de este marco, las sedimentitas Neógenas del noroeste argentino ofrecen excelentes posibilidades de estudio, no sólo por la calidad de sus afloramientos sino también, por constituir cuencas de antepaís ubicadas tectónicamente en esta zona de transición. En esta región se reconocen tres grandes Grupos, Santa María (Galván & Ruiz Huidobro, 1965), Orán (Russo & Serraioto, 1979) y Payogastilla (Díaz & Malizzia, 1983). El primero aflora en ámbitos de Sierras Pampeanas Noroccidentales, el segundo en Sierras Subandinas, mientras que el tercero lo hace en Cordillera Oriental y borde oriental de Puna. Los Grupos Orán y Payogastilla corresponden a una sedimentación continental transgresiva, distal y proximal, respectivamente (Díaz, 1987).

El Grupo Payogastilla reúne a todas las sedimentitas del Terciario tardío que afloran en la porción septentrional de la fossa Calchaquí (Méndez, 1975), denominada cuenca Calchaquí por Villanueva (1992). De a base a techo, esta unidad está constituida por las siguientes formaciones: Quebrada de Los Colorados, Angastaco, Palo Pintado y

San Felipe. La sedimentación de este grupo se inicia 4 a 5 millones de años después que en el segmento ubicado al sur (Coira et al., 1982). Esta evolución tectosedimentaria diacrónica también ocurrió entre los Grupos Santa María y Payogastilla (Sosa Gómez & Miserendino Fuentes, 1992), es decir, dentro de la cuenca Calchaquí. El área tipo del Grupo Payogastilla es el Río Calchaquí entre las localidades de Angastaco y San Felipe, en el sudoeste de Salta.

Estos depósitos Neógenos comunes a Cordillera Oriental y borde oriental de la Puna corresponden a un ambiente continental de carácter transgresivo, lo que permitió que la mayoría de las unidades formacionales se depositaran alternativamente tanto sobre unidades rocas del Grupo Salta (Cretácico - Eoterciario) como del basamento metamórfico (Precámbrico-Cámbrico inferior). De ellos, la Formación Quebrada de Los Colorados, corresponde a una acumulación molásica sintectónica en una cuenca marginal (Villanueva, 1992) cuyo estilo cinemático coincide con la deformación miocena de la Puna (Marret & Allmendinger, 1987).

## ANTECEDENTES

La Formación Quebrada de Los Colorados fue denominada originalmente Serie Rojiza por Russo (1948) y llevada al actual rango formacional por Díaz et al. (1987). Durante este periodo, la unidad recibió otras designaciones estratigráficas, como Formación Cerro Negro (Malizzia, 1982) Miembro basal de la Formación Angastaco (Díaz & Malizzia, 1983), términos actualmente desacreditados pero equivalentes.

Esta unidad fue estudiada en el Valle Calchaquí por Díaz (1987) donde la litología y otras características sedimentológicas le permitieron definir un ambiente fluvial con corrientes entrelazadas, y un desarrollo importante de facies de duna que alcanzan a formar cuerpos de hasta 60 m de potencia.

Por yacer concordantemente sobre Formación Yacomíqui (una facies lateral del Subgrupo Santa Bárbara, de edad cretácica tardía-cocena) en el Valle Calchaquí e igualmente sobre Formación Lumbres, en los valles del Tonco, de Amblayo (Solís, 1972; Alcalde, 1977) y en la Quebrada La Yesera de San Fernando de Escoipe (Díaz, 1987), la edad aceptada para FQLC corresponde a mioceña inferior a media (Miserendino Fuentes y Díaz, 1988; Villanueva, 1992; Sosa Gómez & Miserendino Fuentes, 1992). La edad surge fundamentalmente de la datación de una toba ubicada estratigráficamente a 1000 m de la base de la Formación Angastaco, unidad que cubre concordantemente a FQLC. Mediante el método argón-argón dio una edad de  $13.4 \pm 0.4$  Ma (Grier & Dallmeyer, 1990). Esta unidad no tiene equivalentes en el Valle de Santa María

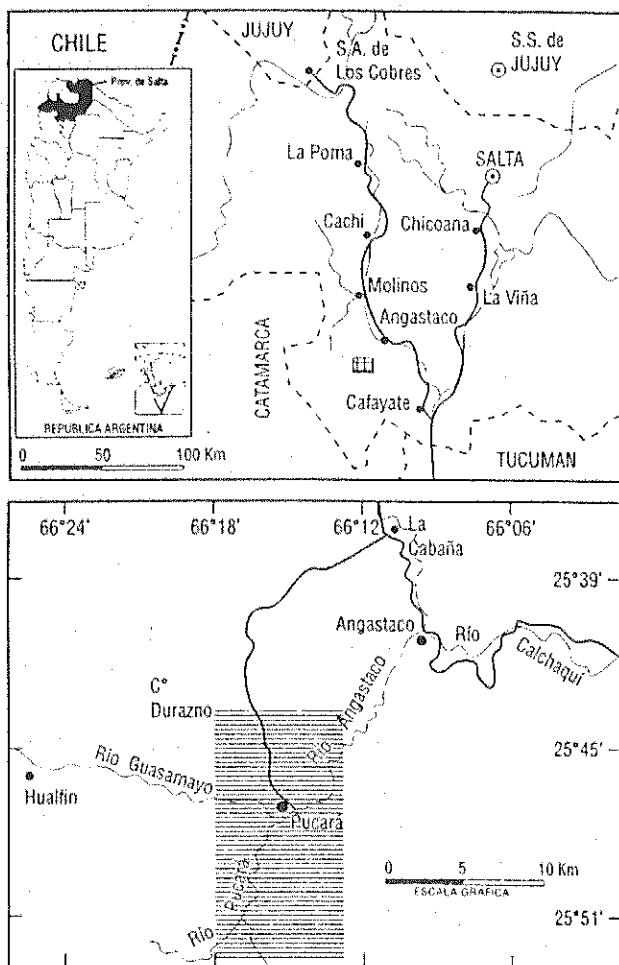


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.  
Figure 1. Map showing studied area.

(Catamarca, Tucumán y Salta) ni en el Valle de Choromoro (Tucumán).

Finalmente, el autor ha llevado a cabo un trabajo sobre estratigrafía y procesos de acumulación en la zona de estudio (Villanueva, 1992), tema que fuera presentado para optar al título de Doctor en Ciencias Geológicas en la Universidad Nacional de Tucumán.

## UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD

La unidad que se describe corresponde a sedimentitas que afloran en el extremo sudoccidental de la provincia de Salta (Fig. 1), a unos 15 km al oeste de la localidad de Angastaco donde forman parte de un sinclinal simétrico, cuyo eje de pliegue tiene rumbo NNO-SSE. Esta formación yace en discordancia angular sobre el Subgrupo Pigua (Grupo Salta) y está cubierta en concordancia por la Formación Angastaco, únicas unidades aflorantes del Grupo

Payogastilla en el Valle de Pucará (Fig. 2).

## DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA SEDIMENTARIA

La Formación Quebrada de Los Colorados (FQLC), está integrada por facies rojas, con espesor máximo de 315 m. Texturalmente es más fina en el norte que en el sur, rasgo sedimentológico que se correlaciona directamente con el espesor de los estratos y las paleocorrientes, que señalan un paleoflujo hacia el norte. El perfil que se describe corresponde en detalle al de la figura 2, pero se han realizado también observaciones en distintos puntos de la unidad. Así, se han reconocido las siguientes facies:

**Facies Gms** constituidas por conglomerados finos y medianos, matriz soportados con estratificación horizontal, lenticiformes, en estratos de hasta 1,20 m de espesor. Son frecuentes los paraclastos rojos de limolitas de la unidad infrayacente (Subgrupo Pigua). El contacto de techo es plano, mientras que el inferior es irregular. Esta facies únicamente aflora en la base de la unidad, con un espesor total de 4 m; está ausente en el norte del valle. Su participación es escasa (1%).

**Facies Sp** integrada por areniscas finas a gruesas con estratificación cruzada planar con contactos de techo y base planos. Forman cuerpos tabulares y continuos ubicados en el tercio inferior y superior de la formación. La facies Sp en estos últimos están constituidos por areniscas finas, moteadas, interpretadas como eolianitas siguiendo los criterios de Glennie (1970) y Reineck & Singh (1980). Los "sets" de las eolianitas tienen un espesor medio de 0,45 m, mientras que los "cosets" alcanzan hasta 2 m; la inclinación media de las láminas frontales es de 18°. Estas facies escasas en el Valle de Pucará (participan con el 3%), son abundantes y características en el Valle Calchaquí (Díaz, 1987).

**Facies Sr** integrada por areniscas finas con estratificación ondulítica que participa con sólo el 1% respecto al espesor total de la unidad. Están compuestas por ondulitas escalonadas con preservación de las laminaciones de sotavento (tipo 2 de Reineck & Singh, 1980). Suelen estar asociadas con limolitas y arcilitas, a las que cubre, y a su vez cubiertas por areniscas de facies Sh y Shg. Los cuerpos arenosos son tabulares de contactos planos.

**Facies Sh** constituidas por areniscas finas con estratificación horizontal. Son frecuentes los rodados dispersos de cuarzo y esquistos, prolados y angulosos. Forman capas de 0,20 m y estratos tabulares de gran extensión lateral de hasta 0,90 m de espesor, con contactos erosivos en la base. Participa con el 19%.

*Geología y paleoambiente de la Fm. Quebrada de los Colorados, antepaís de los Andes Centrales, Salta.*

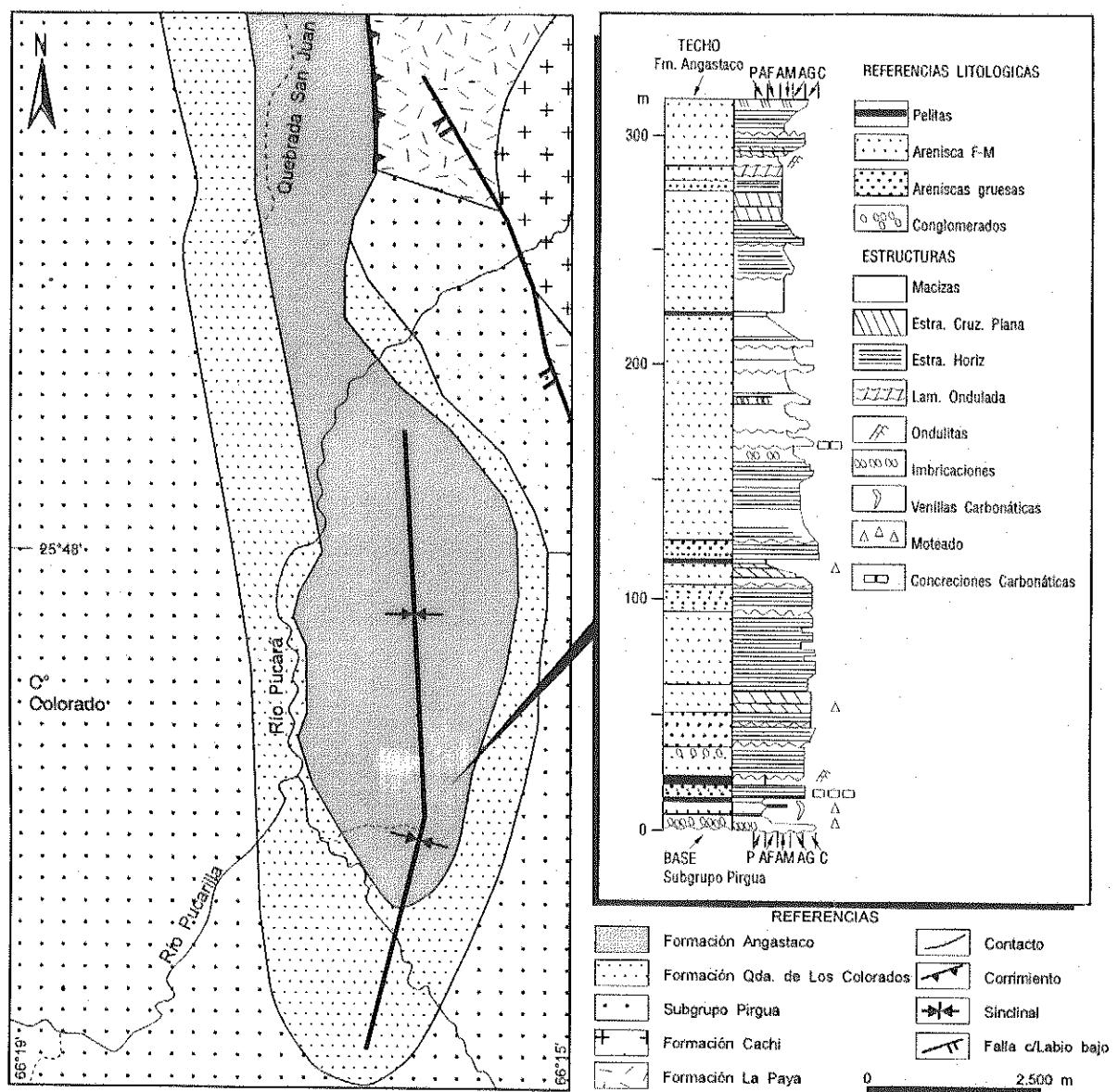


Figura 2. Geología del Valle de Pucará (según Villanueva, 1992) y columna litológica de la Formación Quebrada de los Colorados.  
Figure 2. Geology of Pucará Valley (after Villanueva, 1992) and the lithological assambages of Quebrada de Los Colorados Formation.

**Facies Shg** integrada por areniscas gruesas guijarroosas con estratificación horizontal, frecuentemente poco definida, siendo comunes la lineación de rodados. Estas facies caracterizan la sección inferior de la unidad y son escasas en la sección superior (Fig. 2). Los estratos tienen espesores de hasta 0,60 m, constituidos por capas delgadas de 0,20 m con contactos de base y techo erosivos. La geometría de los cuerpos es tabular de gran extensión lateral y dada su participación (30%), estas facies constituyen el paisaje dominante de esta formación. En el tercio inferior son frecuentes venillas y pequeñas concrecciones carbonáticas.

**Facies Smi** integrada por areniscas finas y medianas, macizas, con frecuentes rodados dispersos de cuarzo y esquistos, prolados y subredondeados. Los paraclastos de pelitas son frecuentes en la base erosiva de los estratos. Forman grandes cuerpos tabulares, asociadas a facies Shg y Shg-Fi (Fig. 2) alcanzando éstas excepcionalmente 18 m de espesor (cerca del tope). Participa con el 40%.

**Facies Fl** participa con el 6% y está integrada por arcilitas y limolitas, finamente laminadas; invariablemente de color castaño rojizo oscuras (10R4/4), moteadas. Por amalgama-

ción pueden alcanzar 2 m de espesor. En estos casos son tabulares pero discontinuos lateralmente. Generalmente están asociadas a areniscas Shg y Sm.

Las características litosedimentológicas y las facies asociadas de la sucesión sedimentaria del perfil de la FQLC, permiten reconocer los siguientes depósitos:

**Depósitos de canal**, donde las facies Gms representan barras longitudinales de canales anchos y someros, asociadas a formas de lecho arenoso, principalmente facies Shg.

**Depósitos de barras de punta**, unidades más desarrolladas y preservadas (90% de la facies) de esta formación, constituida por areniscas finas a gruesas (Sm/Shg) con vestigios de actividad orgánica y desarrollo de suelos (estructura moteada).

**Depósitos finos de intercanal**, (facies Fl) que se interdigitan con depósitos de derrame (facies Sm/Sh) y depósitos eólicos (facies finas Sp).

#### INTERPRETACIÓN DEL AMBIENTE

El arreglo de las facies de esta formación, se interpreta como depósitos en un sistema meandroso de baja sinuosidad y gradiente equivalente, con dominio de carga traccional, desarrollo de facies de acreción lateral, asociados a una acumulación en canales, "crevasse splay" y planicie de inundación.

La participación porcentual de facies pelíticas, se correlaciona con sistemas meandrantes, cuya carga en suspensión provenientes del área de aporte y de los productos de erosión de los recodos (Collinson, 1980), habrían ejercido una suerte de control en el diseño de los canales (Schumm, 1969).

Los ciclos granocrecientes que se observan en la sección basal y cuspidal del perfil (Fig. 2), representarían depósitos de "crevasse splay". Esta interpretación surge de algunos rasgos como la variabilidad de las estructuras primarias, la geometría de las facies y de las facies asociadas (Tyler & Ethridge, 1983).

Por otra parte, la sucesión de ciclos granocrecientes y granodecrescentes (sección media de Fig. 2), señalan el carácter pulsatorio de la sedimentación. Así, en períodos de corrientes de alto régimen de flujo, se acumularían gravas formando barras longitudinales que erosionaban un lecho arenoso guijarroso, con desarrollo en los recodos de una importante acreción lateral constituido por barras en punta ("point bars"). Estos últimos cuerpos (facies Sm/Shg), son tabulares compuestos (Friend et al., 1979) dado que se encuentran atravesados por pequeños canales

rellenos, indicando posiblemente nuevas y diversas posiciones del canal en la llanura aluvial (Todd & Went, 1991).

En períodos de flujos menguantes ("waning flows") las áreas de acreción lateral se colmatarían con sedimentos finos, donde dado el carácter de estacionalidad de estos eventos podrían ser colonizados por vegetales.

#### CONSIDERACIONES FINALES

El inicio de la sedimentación Neógena en la zona estudiada, ubicada dentro del segmento de transición tectónica, se verifica marginalmente en una cuenca compresiva, en discordancia angular y transgresivamente, sobre unidades del basamento metamórfico o del Subgrupo Piragua (Grupo Salta). Esta acumulación está constituida por facies rojas dominantemente arenosas (93%) -escasas pelitas (6%) y conglomerados finos (1%)- que señalarían procesos deposicionales de poca energía y acumulación lenta en concordancia con una deformación pausada y sostenida (Villanueva, 1992). En cambio, los depósitos de igual edad que inician la sedimentación Neógena en el antepaís de los segmentos subductados sub horizontalmente -como los situados en la Precordillera (Reynolds et al., 1987) y Precordillera Oriental (Milana, 1992)- se caracterizan por ser texturalmente más gruesos, vinculados tal vez a una deformación más enérgica o episódica (Milana, 1992).

En consecuencia, las diferencias tanto de geometría como texturales de los depósitos, así como en la generación de distintos ambientes sedimentarios, deben relacionarse no sólo a la distinta angularidad de la zona de Benioff, sino también al comportamiento tectónico del zócalo, que en ambos segmentos tienen distinta naturaleza litológica. Esta situación mecánica habría jugado un rol importante en los mecanismos de subsidencia, regulando la velocidad de acumulación, y en consecuencia en la evolución general de la cuenca de antepaís (Allmendinger et al., 1983; Milana, 1992).

Además del diacronismo tectosedimentario en cuencas de antepaís pertenecientes a segmentos tectónicos diferentes, se deduce una baja tasa de sedimentación en aquellas ubicadas en la zona de transición. Esto se infiere de la presencia de paleosuelos (Ghosh, 1987) en la unidad estudiada, interpretados a su vez del color y moteado de algunos de sus niveles (Nichols, 1987) como así también por la presencia de venillas y concreciones carbonáticas.

**Agradecimientos:** La presente contribución forma parte del trabajo doctoral del autor. Agradezco al Dr. Luis Spalletti de la Universidad de La Plata por su invaluable dirección y por apadrinar la tesis; al Dr. Gerardo E. Bossi por el apoyo logístico

## *Geología y paleoambiente de la Fm. Quebrada de los Colorados, antepaís de los Andes Centrales, Salta.*

brindado. Finalmente, esta contribución se ha enriquecido y mejorado notablemente por las sugerencias y la lectura crítica de los árbitros. Dr. E. Bellosi y otro no identificado, a quienes el autor agradece profundamente.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ACEÑOLAZA, F.G., F. DURAND & R. DIAZ TADDEI, 1976. Geología y contenido paleontológico del basamento metamórfico de la región de Cachi (provincia de Salta). *VI Congreso Geológico Argentino, Actas V(1)*: 319-332.
- ALLMENDINGER, R. W., V. A. RAMOS, T. E. JORDAN, M. PALMA & B. L. ISACKS, 1983. Paleogeography an Andean structural geometry, northwest argentina. *Tectonics 2 (1)*: 1-16.
- BARAZANGI, M. & B. L. ISACKS, 1979. Subduction of the Nazca plate beneath Peru: Evidence from spatial distribution of earthquakes. *Geophys. J.R. Astron. Soc. 57*: 537-555.
- COLLINSON, J. D., 1980. Alluvial Sediments. En H. G. Reading (Ed.) *Sedimentary Environments and Facies*: 15-60. Elsevier, New York.
- DIAZ, J. I., 1987. Estratigrafía y sedimentología de la región comprendida entre los valles de los ríos Calchaquí y Guachipas, provincia de Salta, Argentina. *Tesis doctoral, Universidad Nacional de Tucumán*. (Inédito).
- DIAZ, J. I. & D. C. MALIZZIA, 1983. Estudio geológico y sedimentológico del Terciario Superior del Valle Calchaquí, Dpto. San Carlos, provincia de Salta. *Boletín Sedimentológico 2(1)*: 8-28.
- DIAZ, J. I., D. C. MALIZZIA & G. E. BOSSI, 1987. Análisis estratigráfico del Grupo Payogastilla (Terciario Superior). *Xº Congreso Geológico Argentino, Actas II*: 113-116.
- FRIEND, P. F., M. SLATER & R. WILLIAMS, 1979. Vertical and lateral Building of river sandstone bodies. Ebro Basin, Spain. *Journal of the Geological Society of London 136*: 39-46.
- GALVAN, A. F. & O. J. RUIZ HIDOBRO, 1965. Geología del Valle de Santa María, Estratigrafía de las formaciones Mesozoico-Terciarias. *Acta Geológica Lilloana 7*: 217-230.
- GALLISKY, M. A., 1983. Distrito Minero El Quemado, Dpto. La Poma y Cachi, provincia de Salta.I: El basamento del tramo septentrional de la sierra de Cachi. *Revista de la Asociación Geológica Argentina XXXVIII (2)*: 209-224.
- GHOSH, S. K., 1987. Cyclicity and Facies characteristics of alluvial sediments in the Upper Paleozoic Monongahela-Dunkard Group, Central West Virginia. En *Recent Development Fluvial Sedimentology, Society of Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 39*: 229-242
- GLENNIE, K. W., 1970. Desert Sedimentary Environments. *Development in Sedimentology*, 14: 222 p. Amsterdam, Elsevier.
- GRIER, M. E. & R. D. DALLMEYER, 1990. Age of the Payogastilla Group: Implications for foreland and basin development, NW Argentine. *Journal of South America Earth Science 3 (4)*: 269-278.
- ISACKS, B. & BARAZANGI, 1977. Geometry of Benioff zones: Lateral segmentation and downwards bending of the subducted lithosphere. En Tal-wani y W. Pitman (Eds.) *Island Arcs, Deep Sea Trenches and Back Arc Basins*, 1: 99-114. AGU Washington D.C.
- ISACKS, B. L., T. E. JORDAN, R. W. ALLMENDINGER & V. RAMOS, 1982. La segmentación tectónica de los Andes Centrales y su relación con la geometría de la placa de Nazca subductada. *Vº Congreso Latinoamericano de Geología, Actas III*: 587-606. Buenos Aires.
- MALIZZIA, D. C., 1982. Estratigrafía y sedimentología del sector comprendido entre Angastaco y La Florida, provincia de Salta. *Seminario, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán*. (Inédito).
- MARRET, R. & R. W. ALLMENDINGER, 1987. La cinemática de fallas y su relación con el volcanismo andino del valle Calchaquí norte. *Xº Congreso Geológico Argentino, Actas I*: 223-226. San Miguel de Tucumán.
- MENDEZ, V., 1975. Estructura de las provincias de Salta y Jujuy a partir del meridiano 65°30' Oeste, hasta el límite con las Repúblicas de Bolivia y Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina XXIX (4)*: 391-424.
- MILANA, J. P., 1992. Sedimentología y magnetoestratigrafía de formaciones cenozoicas en el área de Mogna y su inserción en el marco tectosedimentario de la Precordillera Oriental. *Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Juan*. (Inédito).
- MISERENDINO FUENTES, A. & J. I. DIAZ, 1988. Nuevas consideraciones sobre la edad y correlaciones del Grupo Payogastilla (Terciario superior, provincia de Salta, República Argentina). *V Congreso Geológico Chileno, Actas II*: C69-C86.
- MON, R. & F. HONGN, 1988. Caracterización estructural de la Formación Puncoviscana dentro del basamento del norte argentino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina XIII (1)*: 124-127.
- NICHOLS, G. S., 1987. Structural controls on fluvial distributary systems-The Luna Systems, Northern Spain. En *Recent Development in Fluvial Sedimentology, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 39*: 269-277.
- REINECK, H.E. & I. B. SINGH, 1980. Depositional sedimentary environments, with reference to terrigenous clastics. *Springer-Verlag*, 549 pp.
- REYNOLDS, J., T. E. JORDAN & N. M. JOHNSON, 1987. Cronología neogénica y velocidad de sedimentación en la cuenca de La Troya, La Rioja. *Xº Congreso Geológico Argentino, Actas II*: 109-112.
- RUSSO, A., 1948. Levantamiento geológico en la cuenca del río Calchaquí, Dpto. Molinos, Salta. *Informe Y.P.F.* (Inédito).
- RUSSO, A. & A. SERRAIOTO, 1979. Contribución al conocimiento de la estratigrafía del terciario del noroeste argentino. *VII Congreso Geológico Argentino, Actas I*: 715-730.
- SCHUMM, S. A., 1969. River Metamorohosis. *Jour. Hydraul. Proc. Am. Soc. Civ. Engr. 95*: 255-273.
- SOLIS, J. A., 1972. Consideraciones sobre el terciario del Valle del Tonco, San Carlos, Salta. *Seminario II, Universidad Nacional de Salta*. (Inédito).
- SOSA GÓMEZ, J. & A. MISERENDINO FUENTES, 1992. Evolución diacrónica en dos cuencas del antepaís andino: Grupos Santa María y Payogastilla, NO-Argentino. *Cuarta Reunión Argentina de Sedimentología, Actas I*: 183-190.
- SPALLETTI, L. A., 1980. Paleoambientes Sedimentarios en secuencias silicoclasticas. *Serie B Didáctica y Complementaria, N° 8, Asociación Geológica Argentina*. pp. Buenos Aires.
- TODD, S. P. & D. J. WENT, 1991. Lateral migration of sand-bed rivers: Examples from the Devonian Glashabeg Formation,

*Arturo VILLANUEVA GARCÍA*

- SW Ireland and the Cambrian Alderney Sandstone Formation, Channel Island. *Sedimentology* 38 (6): 997-1020.
- TURNER, J. C. M., 1964. Descripción Geológica de la Hoja 7c, Nevado de Cachi (provincia de Salta). *Dirección Nacional de Geología y Minería*, Boletín N° 99.
- TYLER, N. & F. G. ETHRIDGE, 1983. Fluvial architecture of Jurassic uranium-bearing sandstones, Colorado Plateau, Western United States. En J. D. Collinson y J. Lewin (Eds.) *Modern and Ancient Fluvial Systems*. *International Association of Sedimentologists*, Special Publication 6: 533-547.
- VILLANUEVA GARCIA, A., 1992. Geología del Valle de Pucará, con especial referencia a la sedimentología y estratigrafía de las unidades cretácicas-terciarias, provincia de Salta, Argentina. *Tesis doctoral*, Universidad Nacional de Tucumán. (Inédito).

**Dr. Arturo VILLANUEVA GARCÍA**  
Facultad de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Tucumán  
Miguel Lillo 205  
4000 SAN MIGUEL DE TUCUMÁN  
República Argentina  
Teléfono 54-81-330633

Recibido: 14 de marzo de 1995.

Aceptado: 30 de abril de 1997.