

# Análisis tectosedimentario y ubicación geocronológica del **Grupo Orán** en el **Río Iruya**

## Los autores

**Roberto Mario Hernández** es Licenciado en Geología, especializado en Petróleo. Supervisor encargado de la Comisión Geológica N° 6 de YPF en el Noroeste desde 1982 hasta 1992. Actualmente desempeña el cargo de Gerente cargo del Dpto. Geología de Superficie y Estudios de XR Exploracionistas Regionales y Servicios S.R.L. desde 1992.

**James Reynolds** es especialista en magnetoestratigrafía e investigador. Actualmente es profesor de Western Carolina University, Dpth. of Geosciences & Anthropology.

**Alfredo Disalvo** es Licenciado en Geología especializado en petróleo. Supervisor encargado de la Comisión Geológica N° 6 de YPF en el Noroeste desde 1986 hasta 1991. Geólogo de Exploración de Bidas hasta 1994. Actualmente se desempeña como geólogo de Exploración de la Compañía General de Combustibles desde 1995.

## Introducción

Las Sierras Subandinas, a la latitud de Aguas Blancas, (Dto de Orán, Provincia de Salta. Figura A) están conformadas por 7 cordones montañosos llamados desde el poniente hacia el naciente: Cinco Picachos, Pescado, Pintascayo, Sierra Baja de Orán, San Antonio, Aguargüe y Campo Duran. Salvo Cinco Picachos, el resto de las Sierras son anticlinales falladas en su limbo oriental.

El programa de análisis del Terciario, para el área de estudio, involucró inicialmente una posición de muestreo y levantamiento por cada "retroinclinación" de cada uno de los cordones montañosos nombrados en el párrafo anterior. Algunas de estas secciones fueron relevadas por la C.G.N°6 de YPF entre los años 1989 y 1992. El Río Iruya fue la primer sección levantada y los resultados de los análisis de laboratorio son aquí presentados junto con su interpretación. Aproximadamente 7500m de espesor de la sección del Río Iruya se encuentran localizados en el flanco occidental del anticlinal fallado Pintascayo (Figura A) (Hernández 1991 y 1992). Los 100 metros de profundidad de las barrancas formadas en los últimos 100 años dan una extraordinaria exposición de los estratos, única en la zona selvática del Noroeste Argentino.

## Los datos y su calidad

Desde el punto de vista de los afloramientos, los

primeros 1500m se encuentran parcialmente cubiertos o con muchos derrumbes producto de la composición pelítica y la necesidad del río de llegar a un nuevo perfil de equilibrio debido al cambio inducido por el hombre en el año 1898.

A los 1000m de espesor, desde la base, existe una inflexión en los estratos (terrazza estructural). Se interpretó dicha inflexión como producto de un punto ciego de un pliegue por propagación que presenta su mayor acortamiento hacia la zona sur en la estructura de San Andrés. Es posible que en profundidad esta inflexión se transforme en falla. (YPF St.Ir.x-1).

En los 6.500m restantes de columna sólo se registra un cambio de inclinación, a los 5.000m de espesor.

Fueron muestreadas 196 estaciones para análisis paleomagnético (Figura N°1) de las cuales 11 estaciones de 1992 aún están esperando turno para su análisis. Los datos muestran una rotación estadísticamente despreciable (Figura N°2). Se encontraron 47 reversas de Clase I que han definido 48 zonas de polaridad.

Dos dataciones de tobas dieron edades de  $4.3 \pm 0.5$  Ma y  $5.28 \pm 0.6$  Ma. por trazas de fisión en circones (Reynolds et al. 1993).<sup>1</sup> Corresponden al 4° Grupo y 3er Grupo de Tobas grises respectivamente.

<sup>1</sup> El método de trazas de fisión tiende a producir relativamente un margen de error alto.

## Objetivos del presente trabajo

Profundizar el conocimiento estratigráfico del Terciario de la Faja Plegada Subandina:

- Comprender las estructuras en su desarrollo temporal y aplicar esto a los cortes estructurales y a los modelados de cuenca relacionados a la generación de hidrocarburos.
- Conocer los prismas sedimentarios involucrados en la deformación a fin de realizar cortes estructurales balanceados con una mayor exactitud en las extrapolaciones en profundidad.
- Obtener las discontinuidades mayores a fin de realizar mapas geológicos más precisos.

## Importancia de este trabajo

El conocimiento estratigráfico de los estratos terciarios es aplicable directamente sobre la localización espacial de proyectos exploratorios de hidrocarburos, debido a que:

1. La mayoría de las estructuras prospectivas del Subandino Argentino poseen flancos con ángulos superiores a los 60° y muchas veces verticales a rebatidos. Esto produce una dificultad extrema para obtener información sísmica confiable, tanto para los prospectos superficiales como para los profundos; por consiguiente es necesario contar con espesores de los estratos terciarios en las "retroinclinaciones", "anteinclinaciones" y crestas



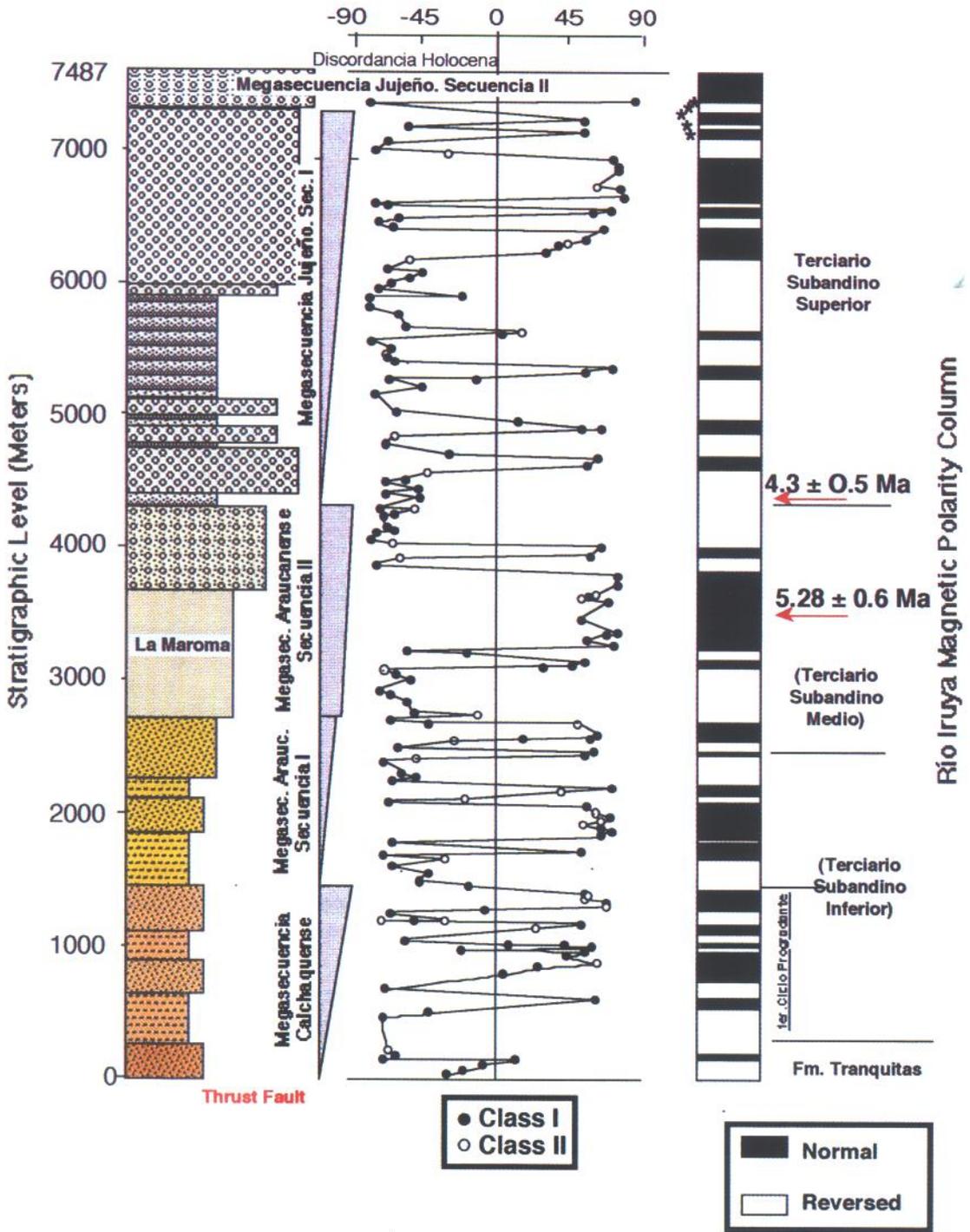


Figura 2

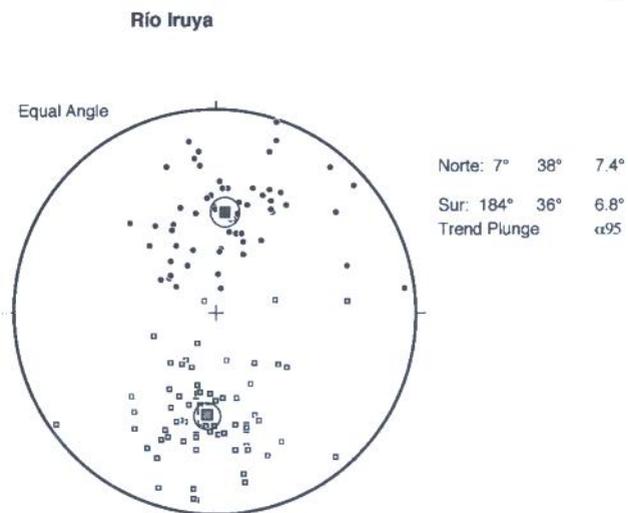
y las Secuencias I y II de la Megasecuencia Jujeño fueron depositadas durante la estructuración.<sup>1</sup>

**Megasecuencia Calchaquense (16.4Ma-12.8Ma, espesor 1400m)**

(Vergani y Starck 1989)

Este primer ciclo inicia su registro en la cuenca Subandina con la Fm. Tranquitas. Su base es una discordancia erosiva y el techo es también

<sup>1</sup> Esta diferenciación es sumamente importante ya que separa los depósitos sedimentarios que pueden ser interpretados con alguna regionalidad, de aquellos que metodológicamente deben ser evaluados puntualmente en la estructura que los preservó, tanto en forma transversal como longitudinal.



una discontinuidad pero más sutil en su expresión de campo.

Se correlaciona temporalmente con el Subgrupo Metán (Gebhard et al. 1974).

Esta Megasecuencia involucra distintas unidades formales e informales:

● Fm Tranquitas

● 1er. Ciclo Progradante del Terciario Subandino (Hernández, 1992) que se expondrán a fin de integrar aquí la información existente desde el año 1944 con los estudios de Zunnino.

#### ● Fm. Tranquitas:

Esta unidad está limitada en su base por una discordancia erosiva y en su techo por un contacto neto, pasando a facies pelíticas. En algunos lugares el límite superior no es fácil de distinguir, debido a que la Fm. Tranquitas finaliza con facies de barreal similares al Terciario Subandino Inferior (Russo, A.1972).

Se puede dividir en dos secciones: a- "*Serie Gris Neta*" y b- "*Serie Gris de Transición*" (Zunnino, 1944), se corresponden de manera amplia con el Mbro. Areniscas Calcáreas y el Mbro. Lomitas descriptos en la Sa. de Aguara Güe. (Aramayo Flores YPF inf. en prep).

El Miembro "*Serie Gris Neta*", apoya sobre el Grupo Machareti (Carbónico) con facies basales del Conglomerado Galarza, representando la discordancia. Se observa aflorado en la sección basal del A° La Transición. (Figura A).

Esta unidad está formada por areniscas gris claro a gris verdoso, macizas, con abundante matriz y/o cemento calcáreo. Continúan "parasecuencias" clásicas (espesor de 7 a 10m), con pelitas laminadas a macizas gris oscuras en su base, areniscas de base neta planar con estratificación diagonal en su parte media y areniscas de relleno de canal en su sección superior. Se interpretó este ordenamiento debido a procesos inundación-somerización lacustre. La Serie Gris Neta conforma un ciclo granodecreciente hasta este punto.

En posiciones más occidentales (A° La Engañera, Figura A) son cuerpos de areniscas finas rojas de origen eólico intercalados con depósitos de ríos efímeros. (Fm Garganta? (Chellini 1973).

El Miembro "*Serie gris de transición*" (Zunnino 1944) o Miembro Lomitas (sensu lato) en la Sierra de Aguara Güe, está compuesto por areniscas varicolores con intercalaciones de pelitas rojas y verdes. Su característica fundamental es que presentan un gran número de facies y secuencias elementales originadas

en distintos ambientes de sedimentación (sedimentos de playa-lake, ríos efímeros, eólicos, etc.) y se suceden tanto vertical como lateralmente. Su límite inferior está bien marcado con el comienzo de pelitas rojas; su límite superior con el Terciario Subandino solamente se expresa por un cambio de coloración de las areniscas y pelitas a colores más castaños. Las características de esta unidad van ganando espesor hacia el sur en detrimento de la Serie Gris Neta anteriormente descripta. A su vez estas dos últimas unidades pierden expresión en su conjunto hacia el oeste y hacia el sur.

La relación con la "*Serie Gris Neta*" infrayacente es de proximalización de sus facies, se la puede observar en las Qdas. "Q" (Figura A)

La relación con la sección suprayacente en general se la encuentra cubierta pero en los lugares en que se observó este pase, es gradual a una escala métrica.

#### Arreglo estratigráfico de la Fm. Tranquitas

Esta unidad conforma una figura de somerización o proximalización desde la "*Serie Gris Neta*" hasta la "*Serie Gris de Transición*". Si se graficara la velocidad de cambio en las características de proximalización se debería colocar un "quiebre" muy importante entre estas dos "series".

#### Análisis paleoambiental de las Megasecuencias Calchaquense (parcial), Araucanense y Jujeño.<sup>1</sup>

Se realiza a continuación una breve descripción de paleoambientes para hacer referencia en cada Megasecuencia a los cambios interpretados como producto de factores externos al ambiente deposicional.

**P<sub>0</sub> Arcilitas rojas (10YR6/2 ó 6/6).** Arcilitas 100%. Bancos finos y muy finos, contactos neto planar a erosivo, por los bancos de areniscas intercalados. Lámina paralela dominante. Generalmente bioturbados y macizos (estratificación enmascarada por la bioturbación). Es el registro de la decantación luego del "congelamiento" de los flujos canalizados o mantiformes que transportaron y depositaron las facies de arena. Interpretados como barreal o playa-lake. (Fotografía N°3) (Tunbridge 1984).

**P<sub>1</sub>-V<sub>1-0</sub>-A<sub>0</sub> Limolitas, Vaques finos y muy finos y Areniscas finas a muy finas** con estratificación fina poco marcada, color rojo ladrillo (10R4/6). Representan facies depositadas por flujos en

<sup>1</sup> En sus trabajos, el Dr. Zunnino denomina informalmente a las unidades sobrepuestas a la "*Serie de Transición*" (Zunnino 1944) como Terciario Subandino y las subdivide en Inferior y Superior según su contenido tobáceo. Luego este concepto fue modificado por el Dr. Russo en Inferior, Medio y Superior (Russo, 1952) en base al contenido tobáceo y la presencia o no de conglomerados constituidos por clastos Paleozoicos.



▲  
Fotografía  
Nº 1. Facies  
de la base  
del 2º Ciclo  
progradente.

manto densos y/o hiperconcentrados, macizos con estructuras ondulíticas y de tracción-decantación (climbing) en el techo de los bancos de areniscas finas y muy finas, interpretadas como desbordes de los cuerpos canalizados sobre la planicie de inundación. (Fotografía Nº3)

**T** Tobas Facies de rocas piroclásticas, estratificadas en bancos finos a medio, macizas, color gris azulado o blancas; depositadas por lluvia de cenizas volcánicas ("ash - fall") con diversos porcentajes de minerales pesados (circón, biotitas etc.), y asociadas a distintos tipos de facies epiclásticas, lo cual permite utilizarlas como niveles guías de relativa importancia.

**A<sub>1</sub>** Areniscas finas color rojo grisáceo (10YR6/2). Selección moderada, cuarzo dominante. Bancos finos a medianos de base y techo neto planar a techo ondulado suave, con estratificación mal marcada o con ondulitas trepantes. Representan facies de lóbulo-canal: la sección inferior es el relleno de canal y la cuspidal es el desborde con geometría tabular con lámina paralela de alta energía. (Miall, 1981).

**A<sub>2</sub>** Areniscas finas a medianas color amarillo grisáceo a rojo grisáceo (5GY6/1). Cuarzo

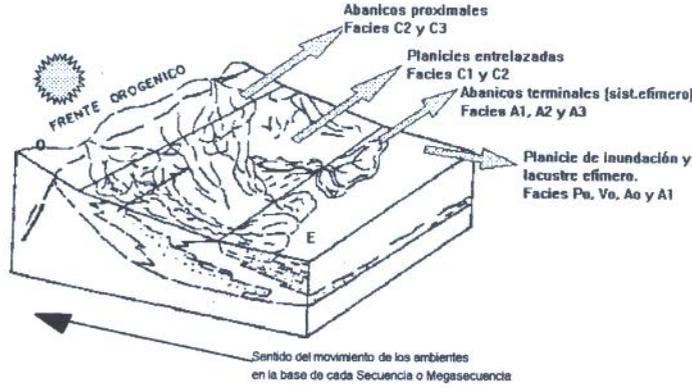
dominante. De buena a mediana selección. Bancos de aproximadamente 1m de espesor, muy bioturbados de base erosiva (son comunes los clastos blandos) y localmente neta planar. Estratificación paralela y diagonal poco marcada. Representan las facies de lóbulo-canal con la sección canalizada en la base y el desborde con geometría de lóbulo y lámina paralela de alta energía hacia la sección cuspidal de cada cuerpo. (Fotografía Nº3).

**A<sub>3</sub>** Areniscas finas a medianas color amarillo grisáceo a rojo grisáceo (5GY6/1). Cuarzo dominante. De buena a mediana selección. Intervalos de aproximadamente 5m a 10 m de espesor, con estratificación interna diagonal y en artesa y con superficies de amalgamación y/o erosión entre 0.5 y 1.5m. Es común que tengan restos de carbón, briznas y troncos fosilizados. Es una de las facies características de los Estratos de La Maroma. Se considera a estas facies como relleno de canales con flujos más constantes (menos efímeros que las facies anteriores) y condiciones climáticas menos rigurosas (factores externos a los mecanismos autocíclicos de la sedimentación). Esta facies es la que presenta, en algunos lugares, en su base "lag" de clastos Paleozoicos. (Fotografía Nº2).

**C<sub>1</sub>** Areniscas conglomerádicas o conglomerados finos color gris amarillento a gris verdoso (5GY6/1). Clastos mayores de 10cm con procedencia del Paleozoico Inferior y Precámbrico. Matriz cuarzo dominante de arena mediana a gruesa. Selección moderada a buena. Bancos finos a medianos de base neta erosiva y techo transicional a las facies A<sub>2</sub>. Estructura interna diagonal o en artesa de mediana escala. Clastos imbricados. Primero aparecen en la columna como eventos de alta energía aislados o reservados a los lag basales de los bancos de areniscas, o bien en forma lenticular dentro de las mismas arenas. Se interpreta a esta facies como depositada por ríos entrelazados distales, o el sistema intermedio de los abanicos terminales. (Miall, 1981)

**C<sub>2</sub>** Conglomerados polimícticos medianos a gruesos color gris a gris verdoso (5GY 6/1). El cambio respecto a la facies anterior es el incremento de la capacidad de transporte y sedimentación entrando a un ambiente de ríos entrelazados típicos con estructuras de barras, cuñas de arenas etc.

**C<sub>3</sub>** Conglomerados polimícticos gruesos. Clastos mayores de 15cm con procedencia del Paleozoico Inferior y Precámbrico. Matriz de



▲ **Fotografía N° 2. Facies de relleno multiepisódico de canales.** clastos de cuarcita de conglomerados finos a medianos. Selección moderada. Bancos medianos a gruesos de base neta erosiva planar. Estructura interna planar “cruda” a diagonal. Clastos imbricados. Aparecen en la columna como eventos amalgamados de alta energía. Se interpreta a esta facies como depositada por ríos de baja sinuosidad pertenecientes a un sistema medio proximal de los abanicos aluviales. (Miall, A.D. 1981).

▲ **Análisis tridimensional de los ambientes sedimentarios a través de las facies descriptas.**

topográficamente más bajas determinando las Supersecuencias (1500m) o paraciclós de menor orden (100m a 300m) que se utilizaron para realizar las correlaciones alocíclicas. Se observa una distalización regional de oeste a este. También existen cambios de facies en sentido N-S. Los datos de paleocorrientes indican que el área de procedencia de los sedimentos es desde el oeste y/o noroeste.

**Completa la Megasecuencia Calchaquense el 1er. Ciclo Progradante del Terciario Subandino (Hernández et. al 1992)**

El límite inferior está definido por un cambio relativo del nivel de base que genera un retroceso de las facies efímeras de relleno de canal multiepisódico del tope de la Fm. Tranquitas Sección II (Fotografía N°1) a facies de barreal con pelitas dominantes (Fotografía N°3)<sup>1</sup>.

El techo de este ciclo es coincidente con la culminación de la Megasecuencia Calchaquense y se define por relleno de canal multiepisódico (A3) subyaciendo a una nueva inundación caracterizadas por facies de barreal.

El techo de la M. Calchaquense coincide con la presencia de una toba de características particulares (Fotografía N° 3) (silicificada y de color negro <sup>2</sup>) perteneciente al *1er Grupo de Tobas Grises*. Este nivel tobáceo, como así también el Grupo al que pertenece ha sido de suma importancia como nivel guía para las correlaciones estratigráficas regionales y locales. El *1er. Grupo de Tobas Grises* relaciona una posible actividad del arco volcánico con la movilidad tectónica que origina esta discontinuidad en el relleno de la cuenca de antepaís. (Figura N°3).

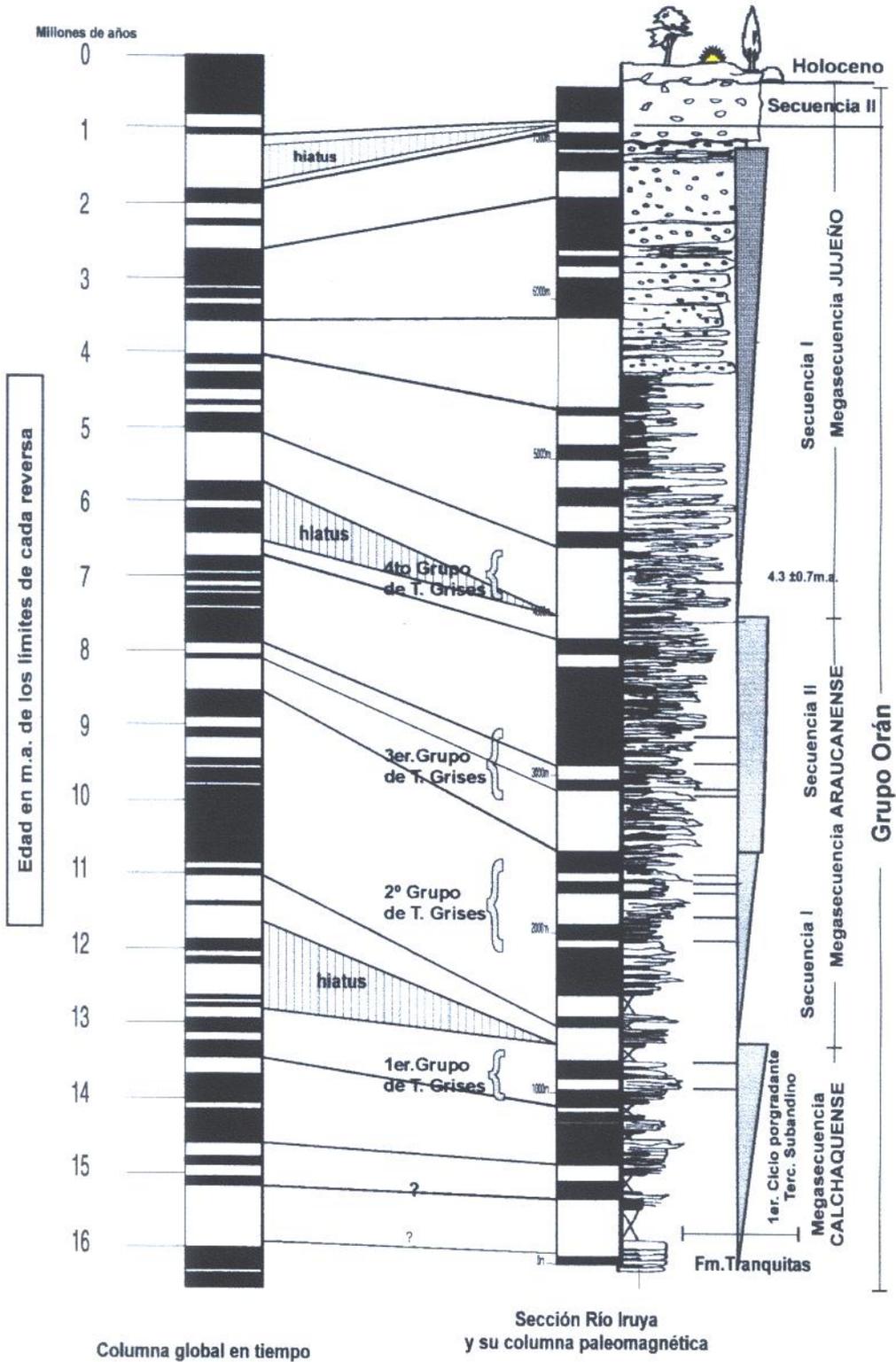
La sección cuspidal de esta Megasecuencia Calchaquense se correlaciona con las areniscas productivas del “Complejo petrolífero Río Pescado” (Hernández y Disalvo 1991).

**Síntesis paleoambiental**

A través de los procesos identificado en la columna del Río Iruya y el predominio de los mismos dentro de la sucesión de facies, se pueden interpretar a las unidades sobrepuestas a la Fm. Tranquitas como conformadas por cuatro subambientes: 1. **Facies de abanico aluvial medio** (C<sub>3</sub>/C<sub>2</sub> dominantes) (Nielsen 1982); 2.- **Facies de planicie entrelazada** (C<sub>2</sub> dominante) (Miall 1981); 3.- **Facies de abanico distal efímero** (A<sub>2</sub> y A<sub>3</sub> dominantes) (Turnbridge 1984) y 4.- **Facies de barreal a “playa lake”**. (P<sub>0</sub>/V<sub>0</sub>/A<sub>0</sub> etc.), (Turnbridge 1984).

Estos procesos sedimentarios se movilizan hacia el frente montañoso o hacia las posiciones

<sup>1</sup>Entre las fotografías 1-2 y 3-4 se ve el cambio de coloración de rojo intenso típico de la Serie de Transición a rojo pálido del Terciario Subandino Inferior.  
<sup>2</sup>Las características “córneas” no son elemento exclusivo de la diagnosis de la misma toba, pero es una apreciación más para ser tenida en cuenta junto con su entorno sedimentario y la posición en la columna.



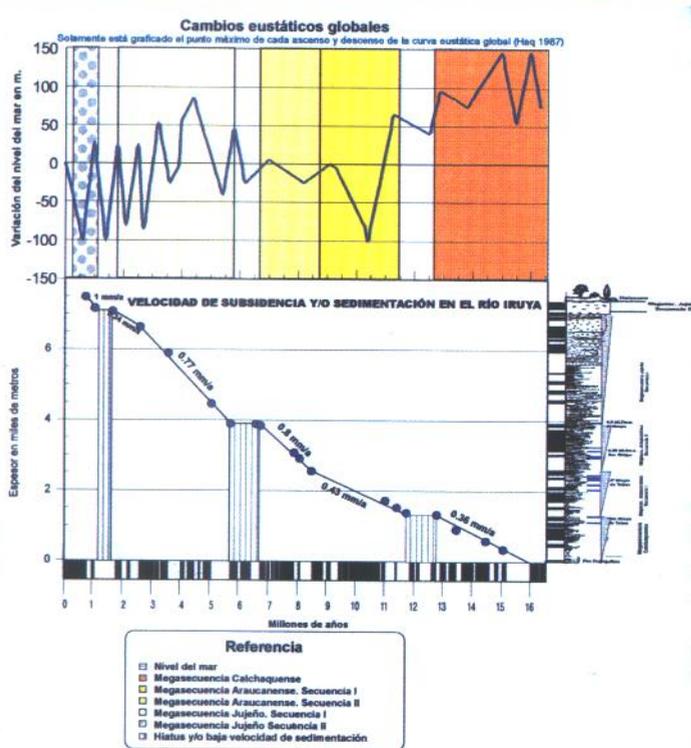
Se correlaciona temporalmente este ciclo con la Fm. Anta (Reynolds et al. 1994), y/o Fm. Jesús María dependiendo de la posición de cuenca que se esté observando.

Una síntesis regional indica que el espacio de acomodación de la Fm Tranquitas y la Fm Anta están vinculadas a un doble efecto, tectónico y eustático basado en los modelos teóricos de Flemming y Jordan 1990. Al tiempo de depósito de la Fm. Tranquitas, la zona de depósito de la Fm Anta era

un alto erosivo en Metán y cuando la Fm Anta se estaba depositando en la zona de Metán, en el área de este estudio, se encontraba progradando el frente montañoso impidiendo el registro de facies lacustres correlacionadas con la ingresión Paranense. Esto indicaría que el frente de la faja plegada tenía una configuración irregular, es decir que era N-S pero que en algunas posiciones el frente de corrimiento se encontraba más hacia el oeste. Se piensa que estas irregularidades en la propagación del frente



Figura 4.



de corrimiento tienen una relación directa con las anisotropías corticales heredadas del período distensivo Cretácico - Terciario Inferior. En síntesis esta Megasecuencia Calchaquense tiene un registro basal lacustre relacionado con un ascenso eustático global de segundo orden entre los 17Ma y los 12.8Ma (Haq et al, 1987) que seguramente origina varias Secuencias deposicionales menores pero que en estas facies continentales no han sido aún identificadas. (Figura N° 4). El aporte de esta Megasecuencia Calchaquense se considera proveniente de un frente

montañoso que existía entre el área de Tres Cruces (Boll y Hernández 1985) y el Sinclinal de Cianzo (Hernández y Disalvo 1989). En posiciones más occidentales al área de estudio de este trabajo fue interpretado otro episodio tectónico con su registro progradante desde la Secuencia II de Lumbreira (45Ma) hasta la Fm Casagrande con una edad de 40 a 35Ma. El frente montañoso de este episodio era el actual límite Cordillera Oriental - Puna, a la latitud de Tres Cruces (Boll - Hernández 1985). La posición aquí descrita del Río Iruya se interpreta para esta edad como un "fore bulge" sin registro sedimentario.

### Megasecuencia Araucanense (Vergani y Starck 1989)

#### Secuencia I (11.4Ma-8.5Ma, espesor apróx. 1200m)

Se define, en este trabajo, a la Secuencia I relacionada a un ascenso relativo del nivel de base que genera un retroceso de las facies efímeras de relleno de canal multiepisódico del tope de la Megasecuencia Calchaquense (Fotografía N° 1) depositando facies de decantación pura, tracción-decantación y de arena en manto, en un ambiente de barreal. Esta Secuencia I manifiestaría la incidencia tectónica en la acomodación de sedimentos al presentar un registro en uno de los momentos de

menor nivel eustático global del Terciario (Figura N° 4) (Haq *et al.* 1987)

Su techo culmina con facies de relleno multihistóricas de canales en areniscas gruesas a medianas, estos cuerpos se hallan subordinados a areniscas finas tabulares y facies de barreal.

La Secuencia I no tiene registro en la zona de Metán, Santa Bárbara y Valle de Lerma por no depositación y/o truncación de la Secuencia II de la Megasecuencia Araucanense, pero podría tener registro en el valle Calchaquí (C° Tintin). El aporte de esta Secuencia se considera proveniente de Cordillera Oriental.

El modelo de relleno de "cuenca simple de antepaís" (Allen y Allen 1990) culmina con la Secuencia I para esta posición del Río Iruya. Se observa nuevamente la presencia de actividad del arco volcánico en forma contemporánea a un cambio de la cuenca de antepaís con el 2° Grupo de Tobas Grises; en este caso, comienza en la Secuencia II sobreyacente, los depósitos contemporáneos con el crecimiento del anticlinal de Pintascayo. (Figura A).

### **Secuencia II (8.5Ma - 6.5, espesor apróx. 1500)**

El espesor de esta unidad como las que continúan desde aquí, es variable según el espacio disponible para albergar sedimentos derivado de la relación del aporte sedimentario/ velocidad de alzamiento de la estructura. (Medwedeff, 1988, Suppe *et al.* 1992).

La Secuencia II se manifiesta con la aparición de facies de relleno de canal multiepisódico A<sub>3</sub> con restos de carbón y "lag" basal de clastos Paleozoicos (cuerpos granodecrecientes). Estos cuerpos pertenecen a un sistema fluvial de moderada sinuosidad y predominio tractivo de planicies entrelazadas.

Estos depósitos fueron denominados informalmente como **Estratos de La Maroma**. Estos estratos tienen un conjunto de peculiaridades ambientales <sup>1</sup>, morfológicas y genéticas que contribuyen a precisar la estratigrafía dentro de todo el Terciario.

Esta Secuencia culmina en una fuerte progradación con conglomerados en mantos de crecientes y flujos en manto de abanico aluvial. Finalmente irrumpe un nuevo ascenso relativo del nivel de base, que en el Río Iruya no es muy claro porque se relacionan, discordancia

mediante, facies similares en las Secuencias I y II, pero regionalmente se observó un importante cambio paleogeográfico (Hernández y Disalvo 1991).

Los procesos sedimentarios del registro de la Secuencia II presentan un cambio de condiciones climáticas, de rigurosas a condiciones más benignas, con sistemas fluviales de flujos más continuos (menos efímeros).

La geometría interna de esta Supersecuencia es de proximalización hacia el techo. (Grano y estrato creciente).

En su sección basal se observó el depósito del 3er Grupo de Tobas grises, seguramente producto de la continuidad de la actividad del arco volcánico iniciada en el 2do Grupo de Tobas Grises.

Se correlaciona esta Secuencia II con la Fm Guanaco del Subgrupo Jujuy y con la Megasecuencia Araucanense (Vergani y Starck 1989). (Hernández *et al.* 1991) (Galli, *et al.* en prensa).

El cambio climático registrado en las facies sedimentarias de esta Secuencia tiene una expresión regional importante y se considera que es producto de una "época verde" vinculada con el ascenso eustático global entre los 9Ma y los 7Ma (Figura N° 4). La acomodación es tectónica, contemporánea con el crecimiento de las estructuras, pero en este caso al no haber ningún "umbral geomórfico" intermedio se ha podido correlacionar *indirectamente* el registro sedimentario con un cambio eustático.<sup>2</sup>

El aporte de esta Secuencia II se considera proveniente del frente de Cinco Picachos (primer cordón montañoso inmediatamente al oeste del mapa de ubicación -Figura A).

El límite con la Megasecuencia Jujeño es coincidente con la actividad del arco volcánico, cuyo registro por arriba de la discordancia es el 4° Grupo de tobas Grises.

### **Megasecuencia Jujeño (Vergani y Starck 1989)**

**Secuencia I (5.7Ma - 1.8Ma, espesor de 2000 a 3000m).**

Se inicia con una pérdida de competencia de los ríos marcada por areniscas finas a medianas muy sucias y mantiformes (flujos hiperconcentrados) al norte del Río Iruya (A° El Nogal -Figura A), aunque como fue comentado, la distribución paleogeográfica superpuesta a la

<sup>1</sup> En los Estratos de La Maroma se observan facies A<sub>3</sub> con restos de carbón de hasta 1m (Foto N°6), estratificación diagonal y en artesa de mediana escala y bancos amalgamados sin "drape" pelítico de hasta 10m de espesor. Además los bancos tienen una fuerte expresión morfológica en todas las Quebradas.

<sup>2</sup> Esto no quiere decir que se pueda correlacionar cada Secuencia de 3er. orden en estas facies fluviales tan alejadas del cuerpo de agua y donde las discordancias son producto del crecimiento estructural. Solamente que se pudo identificar en el tiempo la Supersecuencia a través de un cambio climático global (época interglacial?) que dejó su sello en los procesos sedimentarios. Es probable que detrás de un umbral geomórfico importante tampoco hubiese sido posible identificar esto.

discordancia permitió un registro de facies de abanico aluvial en el Río Iruya, producto del depósito de un río antecedente al anticlinal de la Sierra de Pescado, elevado en la base de esta Megasecuencia.

Continúan facies correspondientes a mantos de creciente, abanicos aluviales y ríos entrelazados. La distribución de facies depende de un conjunto de factores relacionados, como son los ríos antecedentes y su velocidad de erosión respecto a las estructuras en crecimiento, la formación de nuevos ríos en los altos formados y el endicamientos de los sedimentos con las estructuras, por lo cual se considera este registro como irregular en espesor y facies.

El aporte de esta Secuencia se considera proveniente del frente de la Sierra de Pescado (Figura A), que para este tiempo de depósito ya tenía fuerte expresión morfológica. El sobrecorrimiento basal que estaba formando el "anticlinal de Pescado" tenía una ramificación que propagaba acortamiento hacia el este en la Sierra de Pintascayo, que se encontraba también elevada conformando un "endicamiento de los sedimentos en el sinclinal de "El Simbolar".

Se correlaciona esta Secuencia I con el "Jujeño" (sens. lat.) (Vergani y Starck 1989).

La Secuencia I se caracteriza, además de la distalización en su base y la proximalización hacia el techo, por la *presencia de tobas blancas* que hasta el momento no han sido vistas en posiciones estratigráficamente más bajas en el área de este estudio. Es posible que esto simplemente se deba a la relación tiempo/ meteorización de las tobas en esta zona bajo ciertas condiciones climáticas, ya que en la zona de Metán las tobas encontradas en la Megasecuencia Calchaquense y Araucanense son de color blanco.

### **Secuencia II(1.8Ma - 250.000a, espesor apróx. 400m).**

Hacia el norte del Río Iruya la Secuencia II, se halla debajo de la falla del Pescado y consta de una monótona sucesión de conglomerados gruesos.

Su base se interpreta como una *discordancia sincrecimiento* (Medwedeff, 1988) sobre la cual se depositó esta Secuencia (informalmente denominada como "*Estratos de El Simbolar*"-Hernández 1991 y 1992).

El aporte de esta Secuencia se considera contemporáneo con el "transporte" del anticlinal fallado de la Sierra de Pescado (Figura A), sobre los depósitos de pie de falla. Para estos tiempos la Sierra de Pintascayo al este prácticamente

tenía la configuración actual.

Se correlaciona esta Secuencia II con el "Jujeño" (sens. lat.) (Vergani y Starck 1989).

### **Correlación con la "Magnetic Polarity Time Scale" (MPTS)**

(Figura N° 3)

La base de la sección se asume que inicia su depositación a los 16Ma, mientras que el tope se desarrolla hasta el Pleistoceno en una edad estimada de 250.000 años de antigüedad.

Un segundo hiatus puede existir entre los 11.4-12.8Ma, a los 1300m de espesor desde la base, coincidente con el techo la Megasecuencia Calchaquense y el *1er Grupo de Tobas Grises*. Lamentablemente este 1er. Grupo de tobas no ha sido datado aún en ninguna posición de la cuenca.

Tomando esta interpretación como válida, se observa que algunas reversas entre los 5-6.5Ma no fueron encontradas en los diferentes programas de muestreo. Se sugiere un hiatus deposicional aproximadamente a los 3900m., coincidente con el inicio de la Megasecuencia Jujeño, inmediatamente por debajo *del 4º Grupo de Tobas Grises* y coincidente con la base del Terciario Subandino Superior de A. Russo (1952).

Un tercer hiatus se interpretó entre los 1.8 y 1.2Ma a los 7100m, coincidente con el techo de la Secuencia I de la Megasecuencia Jujeño.

### **Historia de la acumulación sedimentaria.**

(Figura N°4)

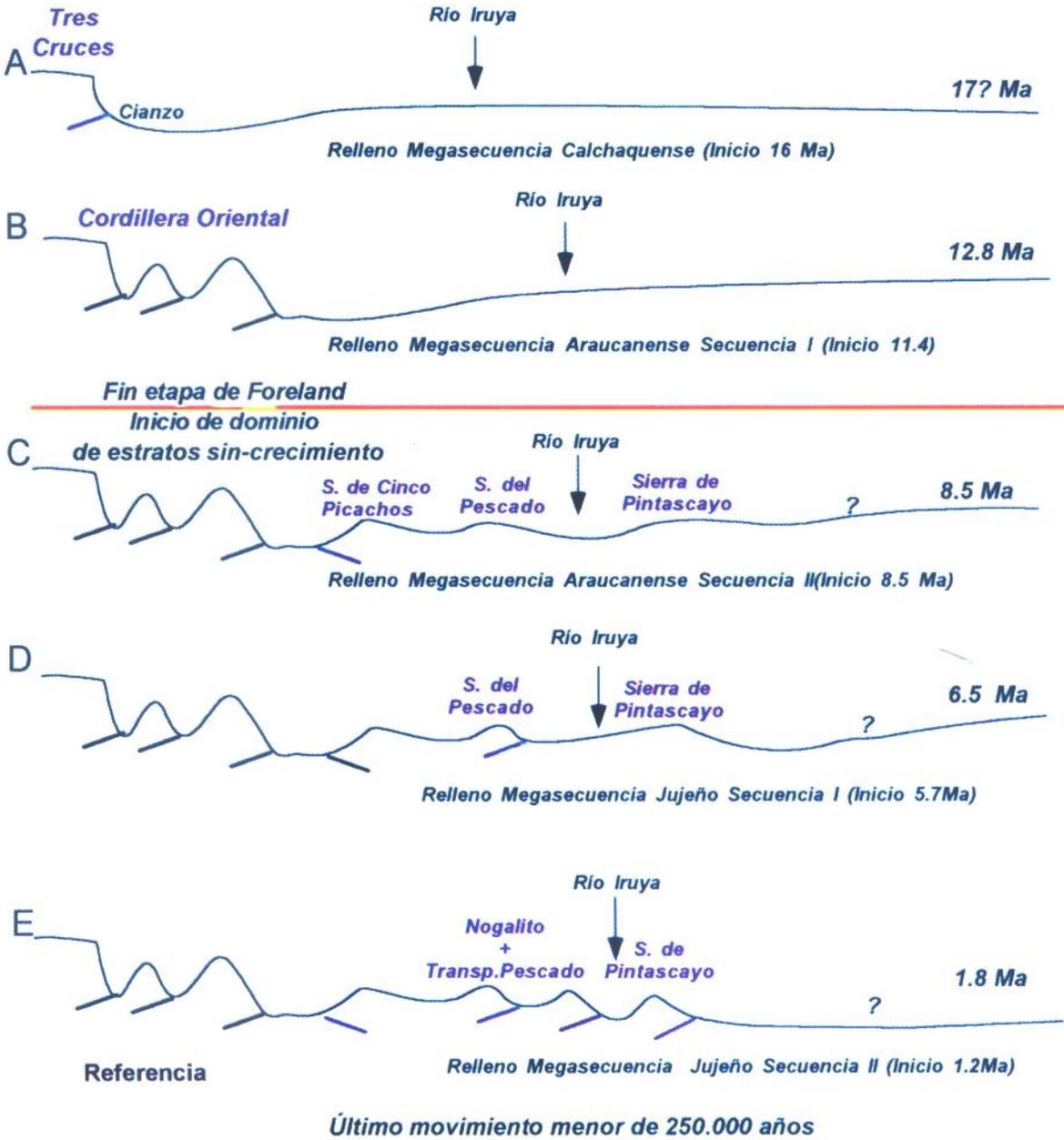
Desde los 16Ma la historia de la acumulación de sedimentos<sup>1</sup> se interpreta con una tasa de sedimentación del orden de los 0.36mm/a hasta los 12.8Ma. Desde los 12.8Ma a los 11.4Ma se interpretó un rango próximo a 0mm/a para luego ascender, en la base de la Megasecuencia Araucanense (Sec.I) a 0.43mm/a hasta los 8.5Ma, produciéndose un nuevo aumento en la velocidad hasta llegar a los 0.8mm/a coincidente con la Secuencia II.

Como se comentó anteriormente entre los 12.8 a 11.4 y entre los 6.5Ma y 5.7Ma faltan algunas reversas que son explicadas por una falta de sedimentación y/o erosión durante ese período. A los 5.7Ma. se observa un fuerte incremento en la velocidad de sedimentación (0.8mm/a) en la Secuencia I del Jujeño para comenzar a disminuir próximo a los 2.5Ma. y llegar a 0mm/a en 1.8Ma.

Los últimos 400 m de registro llegan a tener una tasa de sedimentación de 1mm/a y es coincidente con la Secuencia II del Jujeño.

<sup>1</sup> No se realizó la descompactación de los sedimentos por falta de datos de porosidad de las areniscas y por haber considerado que el volumen de pelitas no cambiaría sustancialmente la interpretación.

# Esquema evolutivo de las Sierras Subandinas Occidentales



**Srra. Pescado** = Frente activo

## Interpretación

El registro de la sección del Río Iruya muestra una detallada historia de las Sierras Subandinas, a través de sus sedimentos se puede determinar el tiempo de importantes desarrollos tectónicos en la región. (Figura Nº 5).

El inicio de la sedimentación del Grupo Orán en el Río Iruya comenzó a los 16Ma. Este tiempo se correlaciona bien con las reactivaciones tectónicas con influencia en el drenaje de La Puna en una cuenca de intraarco (Vandervoort *et al* 1995), los depósitos sin crecimiento, ubicados al este de la Puna, en el área de Tres Cruces (Fase Pehuenche? <sup>1</sup> (Salfity, 1984; Boll

y Hernández 1985) para la Fm Pisungo, y el acceso del mar Paranense en la Fm Anta (Vergani, 1991 y Reynolds et al. 1994) en la zona de Metán. Todo vinculado a una época de alta movilidad tectónica. Para esta latitud se lo vincula al ascenso de la Cordillera Oriental cuyo frente, en esa época, podría haber estado con un arrumbamiento aproximado N-S entre la posición geológica actual correspondiente al área de Tres Cruces (Boll y Hernández 1985) y el sinclinal de Cianzo (YPF Informe mensual C.G.Nº6 12/88 y 02/89).

A los 11.4Ma hay un incremento en la velocidad de sedimentación, en la base de la Megasecuencia Araucanense, que se interpreta

sugerencias realizadas sobre el presente trabajo. Se agradecen las enseñanzas impartidas por el Lic.

A. Boll ya que formaron la base profesional que permitió la elaboración de este trabajo. □

## Bibliografía

- Allen, P. & Allen, J. (1990).** Basin Analysis, Principles & Applications. Blackwell Scientific Publications. Pag.245
- Aramayo Flores R. Fernando, 1989.** El cinturón plegado y sobrecorrido del Norte Argentino. B.I.P.
- Boll A. y Hernández, Roberto, 1985.** Interpretación Estructural del área de Tres Cruces. Actas Congreso ARPEL.
- Gali, C. Reynolds, J y Hernández R. 1995.** Estratigrafía del Grupo Orán en el A° Piedras. Dto de Metán. Prov. Salta . (en prensa)
- Gebhard, J.; Giudici, A.R.; Oliver Gascon, J. (1974).** Geología de la comarca entre el río Juramento y arroyo Las Tortugas, prov. de Salta y Jujuy, República Argentina. Revista Asociación Geológica Argentina. XIX, 3: 359-375.
- Haq, B.U Hardenbol J, Vail P, Wright R, Stover L.E, Baum T, Loutit T, Gombos A, Davies T, Pflum C, Romine K, Posamentier, H, Jan Du Chene R.** "Cenozoic Cycle Chart". v-03/1987.AAPG.
- Hernández y Disalvo 1989.** Informe mensual C.G.N° 6 YPF. Levantamiento del Terciario en los perfiles de Homocal, Cianzo Sur y La Escuela, en la localidad de Cianzo. Prov. de Jujuy. Inf. int YPF inédito.
- Hernández R.M.- Disalvo A. y Constantini L. 1991.** Información preliminar del área de Río Seco Occidental. Inf. Int. YPF.
- Hernández R.M.-1991.** Presentación del proyecto de nuevas líneas sísmicas y perforación de un pozo en Desecho Chico (YPF St Dc x-1). Actas del Plan de Acción YPF. Buenos Aires 9/91.
- Hernández R.M. y Disalvo A. 1992.** Estratigrafía del Grupo Salta en las Subcuencas de Metán y Alemania. Inf. Int. YPF.
- Hernández R.M.-Constantini L. 1992.** Mapa geológico de las Sierras Baja de Orán y Pintascao. Información Inédita YPF.
- Hernández R.M. 1994.** Informe Geológico "La Porcelana". Información inédita U.T.E. Aguara Güe.
- Hernández R.M. 1995.** Estratigrafía preliminar del Terciario Subandino desde el Río Iruya hasta el A° La Porcelana. Informe inédito. U.T.E.
- Jamison, W.R. 1987.** Geometric analysis of fold development in overthrust terranes: Journal of Structural Geology, v.9, p.207-219.
- Johnson, N. - J. Jordan, T, Johnson, P. & Naeser, C 1986.** Magnetic polarity stratigraphy, age, and tectonic setting of fluvial sediments in an eastern Andean foreland basin, San Juan Province, Argentina. In Homewood, P., and Allen, P, eds., Foreland Basins. Spec. Pub. Int Assoc. Sedimentol., 223-235.
- Jordan Teresa. 1992.** Curso de Geología Estructural Avanzada II. YPF. Pismanta.
- Flemings P. y Jordan T. 1990** Stratigraphic modeling of foreland basins: Interpreting thrust deformation and lithosphere rheology. Geology, v.18 p430-434.
- Medwedeff, D. A.1988.** Structural analysis and tectonic significance of late - Tertiary and Quaternary, compressive - growth folding, San Joaquin Valley, California. Department of Geological and Geophysical Sciences. Princeton University.
- Miall, A.D. 1981.** Analysis of Fluvial Depositional Systems: A.A.P.G. Note Series N°20.
- Nielsen Tor H.1982.** Alluvial Fan Deposits. A.A.P.G Memoir 33.
- Picard, D. & High, L. 1981** Physical Stratigraphy of Ancient Lacustrine Deposits.S.E.P.M.
- Pereira, Ricardo . 02/1995.** Estudio de Minerales Pesados en niveles tobáceos del Terciario Subandino en el Dto. de Orán.
- Pereira, Ricardo . 07/1995.** Estudio de Minerales Pesados en Niveles Tobáceos del Terciario Subandino en el Dto de Orán. Perfiles: La Escondida, Peña Colorada, Toro Muerto y Río Iruya. UNSA.
- Reynolds, J. Jordan, T, Johnson, N.- Johnson, N.M. & Tabbutt, K, 1990.** Neogene deformation of the flat-subduction segment of the Argentine- Chilean Andes: magnetostratigraphic constrain from Las Juntas, La Rioja, Argentina: Geol. Soc. America Bull, 102: 1607-1622.
- Reynolds, J - Naeser C. and Hernández 1993.** Chronostratigraphic calibration og Neogene sedimentation in the Argentine Subandes, Salta Province, northern Argentina: Geological Society of America Abstracts with Programs, v.25(6),p A-473.
- Reynolds, J - Idleman, H. - Hernández R y Naeser C. 1994.** Preliminary chronostratigraphic constraints on Neogene tectonic activity in the Eastern Cordillera and Santa Barbara System, Salta Province, NW Argentina: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 26(7), p A-503
- Russo A. 1975.** Estratigrafía del Terciario en el Noroeste Argentino. Inf. Ined. YPF.
- Salfity, J. Gorustovich, S.A. y Moya, H.C. (1984).** Las fases diastróficas en los Andes del Norte Argentino. Simposio Internacional de Tectónica Centro - Andina y relación con Recursos Naturales, La Paz, Bolivia.
- Starck, D. Schultz A. y Gallardo, E. 1992.** Corte estructural Nogalito- Las Pavas. Información inédita de YPF.
- Suppe, J. & Medwedeff, D., 1990.** Geometry and Kinematics of fault-Propagation Folding. Eclogae Geologicae Helveticae, V.83, Pag 409-454. De Allmendinger 1992.
- Tunbridge, I.P. 1984.** Facies Models for Sandy Ephemeral Stream an Playa Complex; Middle Devonian U.K. Sedimentology, Vol.31. Pp 697-715.
- Vergani, G. y Starck,D. 1989.**Estratigrafía y evolución tectónica del Cenozoico entre el Valle Calchaquí y Metán, YPF. Informe interno.
- Viñes R. y Hernández 1991 y 1992.** Escuela de Geología estructural avanzada I. YPF.
- Viramonte, J., Reynolds, J., Del Papa, Cecilia & Disalvo, A. 1994.** The Corte Blanco Granatiferous tuff: a distinctive late Miocene marker bed in northwestern Argentina applied to magnetic polarity stratigraphy in the Río Yacones, Salta Province: Earth and Planetary Science Letters, v.121,p.519-531.
- Zunino, 1944.** La estructura de la Sierra de Aguara Güe desde el paralelo 22° hasta la estación de Cornejo Ballivian. Inf. ined. YPF.

vinculado al ascenso de la Cordillera Oriental sobre un gran plano con un backthrust en su frente (Vergani 1988 com.verb), posiblemente por la edad se pueda vincular con la fase diástrófica Quechua I. Se interpreta, en forma preliminar, la generación inicial del límite de la Cordillera Oriental - Sierras Subandinas.

El frente "Subandino" continuó su desarrollo con un nuevo corrimiento a los 8.5Ma, y se establece que finaliza aquí la geometría y modelo genético de una cuenca de foreland iniciada a los 45Ma. con los depósitos de la Secuencia Lumbrera II (Hernández y Disalvo 1992), para entrar en un ámbito de estratos contemporáneos con el crecimiento de las estructuras. (Suppe, & Medwedeff 1990), como sería el flanco occidental del anticlinal de Pintascayo.

El frente Subandino presenta una altura tal, que posiblemente hizo de barrera climática a la "época verde" anteriormente descripta, como hoy se observa la Sierra de los Cinco Picachos (umbral geomórfico), produciendo sistemas fluviales con características climáticas más benignas con registros sedimentarios de ríos con caudales más continuos, restos de troncos mostrando importante desarrollo de vegetación, con retención de minerales de uranio (Secuencia II del Araucanense). A pesar de las altas tasas de subsidencia que posibilitan la preservación de estos sedimentos, en ningún momento hasta ahora se pudieron observar ríos troncales y/o longitudinales. Todos los datos de paleocorrientes tomados, son aproximadamente oeste-este a noroeste-sudeste, indicando que además de existir un mecanismo de generación de espacio para albergar sedimentos, existe otro igual o superior que sigue colmatando este espacio (aumento de pendiente topográfica que posibilita mayor capacidad de erosión y un incremento en la capacidad de transporte de los ríos por mayor precipitación).

Hasta el presente, no se puede diferenciar cada uno de los factores que están incidiendo en estas tasas aquí descriptas (erosión, suministro, velocidad de acortamiento, reología cortical, factores sedimentológicos, ascensos del nivel del mar, etc.), pero sí se está en presencia de una cuenca de foreland permanentemente colmatada, con puntos de sobrellenado en los topes de cada ciclo deposicional, que en este caso, se interpreta vinculados a etapas de calma tectónica con bajas tasas de sedimentación.

La Secuencia II del Araucanense no presenta en su base ninguna discontinuidad temporal del registro, esto se debería a la posición estructural del perfil Río Iruya (retroinclinación) y a las altas tasas de sedimentación con una Sierra de

Pintascayo que impedirían, por su crecimiento, el paso de los sedimentos hacia el este.

A pesar del levantamiento incipiente de la Sierra de Pescado (Figura N°5), a los 6.9Ma, permitió que los sedimentos provenientes de Cordillera Oriental sean transportados, en una relación de crecimiento menor que la tasa de sedimentación, para los protoanticlinales de Sierra de Pescado y Pintascayo, pero con altas tasas de sedimentación en los sinclinales (0.77 mm/a Río Iruya entre los 5.7 y <2.5Ma).

A los 2.5Ma se produce un momento de estabilidad tectónica del frente de Pescado y comienza a tener efecto, sobre la provisión de sedimentos, generando la progradación cuspidal de la Secuencia II del Jujeño y su disminución en la tasa de sedimentación (curva de sedimentación con forma sigmoidal (Johnson et al. 1986 y Reynolds et al. 1990)..

A los 1.8Ma. el ascenso de la Sierra de Pescado y Pintascayo originó en el registro de la locación del Río Iruya, una tasa de sedimentación tendiente a 0mm/a.

Al millón de años, la erosión de la Srra. de Pescado, en menor proporción Pintascayo y el corte del Río Iruya y Río Pescado como ríos antecedentes sobre la Sierra de Pescado, generaría los depósitos con procedencias de Cordillera Oriental con tasas altísimas de 1mm/a en la Secuencia II del Jujeño (Estratos de El Simbolar).

La inestabilidad tectónica de la zona es evidente, ya que los últimos estratos de la Secuencia II del Jujeño, con registro hasta los 250.000 años, se encuentran rotados de 6° a 8° respecto a las terrazas holocenas, elevadas a más de 100m desde el lecho del río actual con espesores de 10m. <sup>2</sup>

## Agradecimientos

Se agradece la confianza y la gestión Gerencial de YPF SA desarrollada por los Dres. H. Dibenedetto y M. Turic quienes han permitido llevar adelante el proyecto generado en la C.G.N° 6 de YPF sobre el análisis del Terciario de Foreland Subandino con extensión a la Cordillera Oriental del Noroeste Argentino entre los años 1988 y 1992, momento en que se dejó de operar en la zona.

En parte de este trabajo colaboró con gran esfuerzo y empeño el Lic. Bernardo Pozo.

Un agradecimiento particular al personal de la ex C.G.N° 6 de YPF, al Lic. F. Aramayo Flores y a YPF, por haber permitido mi capacitación para que hoy pueda colaborar desde afuera, con ella y/o con otras Empresas Nacionales o internacionales para la incorporación de reservas de hidrocarburos.

Se agradece a Tecpetrol S.A. la lectura y

<sup>2</sup> En la edad no coincide exactamente con lo propuesto por Salfity et al (1994) para esta fase, pero posiblemente se deba a que su registro en la zona de trabajo ha comenzado recién a los 16Ma.

<sup>2</sup> Los 90m de diferencia corresponden a la erosión producida en 100años de cambio del nivel de base del río, inducido por el hombre al cambiar la trayectoria del Río Iruya en 1898