

TRABAJO 9

DEPOSITOS DE NIVEL BAJO: NUEVO ENFOQUE SEDIMENTOLOGICO Y ESTRATIGRAFICO DEL MIEMBRO AVILE EN EL NORTE DEL NEUQUEN. ARGENTINA

Ricardo D. Veiga y Gustavo D. Vergani

YPF.SA. División Exploración-Comisión Geológica Nº1

Estadística (Cabeza)
UBICACION

ABSTRACT. A sedimentary and stratigraphic model for a lowstand deposits of the North of Neuquén is studied. This model responds to the development of incised valleys in an exposed shelf during an abrupt shallowing in the lower Hauterivian. This process originates channels and interchannels zones filled up by fluvial and aeolian facies. These confined deposits in paleovalleys become expanded depositional systems which intertongue with marginal-marine facies. Within Avilé Member two cycles (Lower Cycle CI and Upper Cycle CS) can be defined. These cycles are related to a lower progradational complex and to an upper progradational complex on a pattern of geologic ramp. Each cycle presents two sub-cycles related to low and high base levels. These subcycles are originated by fluctuation of minor hierarchy in the third order eustatic curve.

MARCO GEOLOGICO Y ESTRATIGRAFICO

La cuenca neuquina ubicada en la porción occidental de la Rep. Argentina representó una extensa cuenca de tras-arco desarrollada, durante gran parte de su historia, entre un arco magmático situado al Oeste y el antepaís constituido por el Macizo Nordpatagónico y el Sistema de la Sierra Pintada al Sur y al Este respectivamente (Legarreta y Gulisano, 1988).

El relleno sedimentario de la cuenca comprende depósitos continentales y marinos que van desde el Triásico superior al Terciario inferior.

Durante el Hauteriviano inferior (Cretácico temprano) se desarrolló un importante mar epírico que dió origen a los depósitos de la Formación Agrio (Miembro Inferior). En el Hauteriviano Inferior Tardío se produjeron dos cortas e importantes somerizaciones (Legarreta y Uliana, 1991) que dieron origen a un abrupto cambio de facies. Bajo este marco se desarrolló un depósito continental y marino somero denominado Miembro Avilé (Ryer, 1991) el cual suprayace por erosión sobre las pelitas de la F. Agrio. Finalmente la depositación del Miembro Avilé culminó con una importante transgresión producto de una rápida inundación a los 116 Ma (Legarreta y Uliana, op.cit) que dió origen a las pelitas y carbonatos del Miembro Superior de la F. Agrio.

El nuevo enfoque presentado en este trabajo hace referencia al desarrollo de un sistema de valles incididos producto de una importante caída relativa del nivel de base el cual erosiona los depósitos de plataforma externa pertenecientes a la F. Agrio (Miembro Inferior), generando de esta manera dos importantes canalizaciones en sentido ESE-ONO y un pre-relieve que posibilitó la preservación y el confinamiento de facies fluviales y eólicas en el sector oriental de la zona estudiada. Dichos depósitos pasan transicionalmente hacia el interior de cuenca a depósitos lobulados expandidos en las proximidades del Río Colorado. El estudio sedimentológico y estratigráfico de detalle en estas sedimentitas permitió definir una discontinuidad estratigráfica interna la cual separa dos ciclos: inferior y superior. El primero compuesto principalmente por sedimentos marinos marginales, mientras que el segundo se compone de facies fluviales y eólicas, lo cual permite inferir que las variaciones faciales dentro de esta entidad responden parcialmente a procesos alocíclicos.

SEDIMENTOLOGIA

Se esbozan los aspectos sedimentológicos más importantes

UBICACION GEOGRAFICA

El sector estudiado abarca la región aflorada de Pampa Tril-Filo Morado y el subsuelo de la Sierra Negra, Chihuido de la Sierra Negra y sectores aledaños (fig.1).

METODOLOGIA EMPLEADA

Para la ejecución de este trabajo se levantaron ocho (8) perfiles estratigráficos de detalle en los sectores aflorados de Pampa Tril y Filo Morado. Parte de esta información fue obtenida por los autores, en tanto otra, fue tomada de trabajos anteriores realizados por YPF.SA.

Las secciones fueron levantadas con báculo de Jacob (1.50 m) y graficadas a escala 1:200. En el análisis de las mismas se hizo hincapié en las propiedades físicas de las rocas (composición, estructuras sedimentarias y geometrías), la naturaleza de los contactos, las relaciones entre los cuerpos y la jerarquización de las superficies limitantes. A partir de los datos obtenidos, se distinguieron distintas litofacies que permiten caracterizar un ambiente deposicional o al menos una porción del mismo.

Una vez reconocidas las distintas asociaciones litofaciales se extrapoló esta información al ámbito de subsuelo. Para ello se contó con alrededor de medio centenar de sondeos exploratorios realizados en la zona. Asimismo y a fin de perfeccionar el modelo sedimentario y estratigráfico se dispuso de información sísmica 2-D y 3-D realizada por YPF. SA. en sectores aledaños.

que permitan extrapolar las observaciones realizadas en afloramientos al ámbito de subsuelo, describiendo las litofacies más importantes que integran esta entidad, los procesos que controlan su acumulación y postulando un modelo depositacional basado en el arreglo vertical y lateral de las mismas. Estudios sedimentológicos de mayor detalle se pueden consultar en Rossi *et al.* (1990) y Cómeron *et al.* (1992).

Litofacies: Descripción e interpretación

En rasgos generales es posible diferenciar 5 litofacies principales:

Litofacies 1: Areniscas entrecruzadas planares y laminadas con intercalaciones de pelitas negras.

Litofacies 2: Areniscas entrecruzadas con intercalaciones pelíticas.

Litofacies 3: Areniscas laminadas con intercalaciones pelíticas.

Litofacies 4: Limoareniscas gris verdosas y pelitas gris oscuras con intercalaciones de vaques castaño rojizos.

Litofacies 5: Pelitas con intercalaciones de vaques y evaporitas.

Litofacies 1: Areniscas entrecruzadas planares y laminadas con intercalaciones de pelitas negras.

Descripción: Se compone de areniscas gris blanquecinas, gris verdosas y castaño claras, finas a medianas, cuarzolíticas, subredondeadas, de buena selección, con matriz arcillosa calcárea y de buena porosidad. Se caracterizan por una estratificación entrecruzada planar y en cuña de gran escala y

alto ángulo (aproximadamente 25°) suavemente tangencial a la base. En la base de estos *sets* entrecruzados se observan láminas con contactos netos, acuminadas pendiente abajo y con granulometría levemente más gruesa. Estudios de paleocorrientes realizados por Rossi *et al.* (*op.cit.*) dan valores variables entre 340° y 360°. Lateralmente estas arenas presentan una laminación subparalela irregular y laminación ondulítica. Cabe señalar que para facies similares Gulisano y Gutierrez Pleimling (1988) observaron laminación ondulítica traslatente subcrítica y crítica/supercrítica. Intercalan pelitas negras, finamente laminadas, con delgados niveles limosos conformando un *lenticular bedding*, las cuales hacia el tope presentan grietas de desecación rellenas de material arenoso (fig.2)

Los *sets* entrecruzados presentan una clara geometría cuneiforme los cuales se amalgaman para formar cosets de mayor continuidad lateral y espesor (hasta 3 m). Las areniscas laminadas y las pelitas negras muestran una geometría lenticular/irregular y su espesor promedio es de 0.4 m.

Interpretación: Los *sets* arenosos cuneiformes con entrecruzamiento de alto ángulo y de gran escala, asociados con láminas acuminadas pendiente abajo interpretadas como *sand flow* (Alhbrandt & Fryberger, 1982 y Collinson, 1984) permiten asociar a estos depósitos con caras de avalanchas de dunas.

Las arenas con laminación paralela, ondulosa y ondulítica asociados con los paquetes entrecruzados, podrían relacionarse con depósitos de interduna seca (Fryberger, 1979 y Kocureck, 1981).

Por último, los niveles pelíticos finamente laminados con *lenticular bedding* y grietas de desecación al tope, estarían indicando condiciones de depositación en un cuerpo de agua calmo, somero y de naturaleza efímera. Este tipo de procesos se relaciona con un ambiente de interduna húmeda (Kocureck, *op.cit.* y Collinson *op.cit.*) la cual sufrió procesos de exposición del sustrato por desecación.

Litofacies 2: Areniscas entrecruzadas con intercalaciones pelíticas.

Descripción: Se compone de areniscas gris amarillentas y gris claras, medianas, lítico-cuarzosas, subangulosas y de moderada a pobre selección. Internamente muestran estratificación entrecruzada en artesa de mediana escala, con



Fig. 1

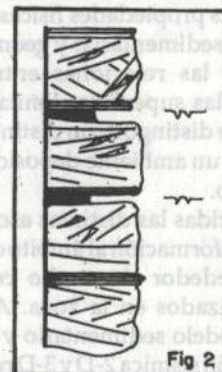


Fig. 2

intraclastos pelíticos, entrecruzamiento planar tangencial a la base de mediana a gran escala y laminación ondulítica al tope. Las pelitas son de color gris oscuro a negro, finamente laminadas y en algunos casos con grietas de desecación al tope (fig. 3).

Es posible diferenciar dos tipos de geometrías, las areniscas con entrecruzamiento en artesa se presentan en paquetes lenticulares con base erosivas y amalgamación de distintos *sets*, muestran un arreglo levemente granodecreciente con base y techo netos o bien este último transicional con laminación ondulítica al tope. Las areniscas con entrecruzamiento planar y las pelitas presentan mayor tabularidad, aunque muchas veces esa continuidad lateral se ve desdibujada por erosión, generalmente presentan base y techo netos. Rossi *et al.* (op.cit.) mencionan direcciones de paleocorrientes que varían entre 318° - 60° para facies similares.

Interpretación: Las características de los cuerpos arenosos indican la acción de corrientes tractivas unidireccionales con importante carga de lecho. La geometría lenticular, base erosiva e intraclastos pelíticos denotan cierta canalización de la corriente con posibles interrupciones en el proceso de sedimentación, siendo estas derivados de eventos erosivos que en muchos casos posibilita la amalgamación de distintos paquetes arenosos. Estos depósitos corresponderían a facies de relleno de sistemas canalizados por donde circulaban megaóndulas de crestas sinuosas. Dichos cauces funcionaron como eficaces vías de transporte de sedimentos, pero la baja estabilidad de los mismos sumada al abandono progresivo, explica la tendencia granodecreciente de estos depósitos. Las areniscas con entrecruzamiento planar se interpreta como el resultado de la migración de sistemas de barras de crestas rectas a levemente sinuosas, transversales a la dirección de flujo (Miall, 1977, 1988 y 1992; Cant, 1982 y Kirk, 1983). La presencia de ondulitas y de areniscas con estratificación entrecruzada en artesa al tope de estas barras posiblemente se relacionen con períodos de merma en la competencia de las corrientes, las cuales solo modifican levemente las macroformas depositadas. Finalmente, los niveles pelíticos laminados son interpretados como depositados en un medio subáqueo de baja energía relacionado a cuerpos de agua someros y efímeros vinculados con una planicie de inundación.

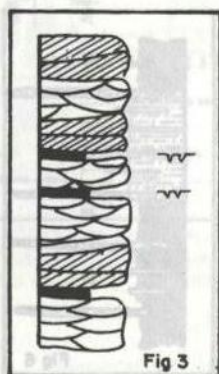


Fig 3

Litofacies 3: Areniscas laminadas con intercalaciones pelíticas.

Descripción: Se compone de areniscas castaño grisáceas, castaño claras, finas, cuarzo-líticas y con matriz arcillosa. Presentan laminación plana de alto régimen de flujo, estratificación en montículo, *parting lineation* y *climbing ripples* al techo de los bancos. La base de estos cuerpos es neta, plana y algo erosiva, el techo es neto o transicional, la geometría de los bancos es tabular-lenticular y presentan arreglo normal a nivel de capa. Intercalan niveles pelíticos gris oscuros finamente laminados de base transicional a neta y techo generalmente neto y plano, de geometría tabular (fig.4).

Interpretación: Se interpreta a estos depósitos como originados a partir de corrientes unidireccionales tractivas no encauzadas (*sheet flows*), las cuales muestran una paulatina desaceleración de la velocidad de flujo. La deposición de las pelitas se relaciona a la decantación en cuerpos de agua someros y efímeros relacionados a desbordes en los cursos troncales. Ejemplos de este tipo son citados por Steel y Aasheim (1978), Turnbridge (1984) y Hubert & Hyde (1982).

Litofacies 4: Limoareniscas gris verdosas y pelitas gris oscuras con intercalaciones de vaques castaño rojizos.

Descripción: Se compone de limoareniscas y pelitas gris verdosas, gris oliva y gris oscura con estructuras sedimentarias desdibujadas por la homogeneidad composicional y textural, sin embargo se observa estratificación y laminación paralela-irregular, laminación ondulosa y ondulítica. Se presentan como espesos paquetes de base neta, techo transicional y geometría tabular. Dentro de estos niveles intercalan delgados bancos de vaques castaño rojizos, finos, líticos y con abundante matriz arcillosa.

Presentan laminación ondulosa, óndula de ola truncada, laminación plana, *lenticular/wavy bedding* y óndulas de oscilación al tope a veces tapizados por una delgada capa arcillosa. Estos bancos muestran base y techo neto, geometría irregular y escasa continuidad lateral. El arreglo de estos ciclos muestra un claro patrón grano y estrato creciente en donde las intercalaciones de vaques se incrementan hacia el techo de cada ciclo (fig.5). Dentro de los términos pelíticos de esta litofacies se detectó la presencia de nanofósiles calcáreos en el Perfil Anticlinal Pampa Tril (1 km al Sur del Perfil Agua

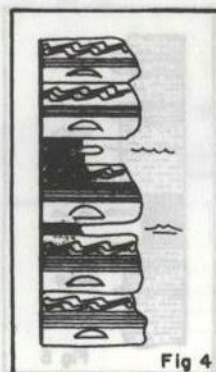


Fig 4

del Portón) correspondientes a *Ellipsagelosphaera britannica* y *Micrantholithus hoszczuelzi* (Angellozzi, 1986 y Angellozzi com. ver. en Rossi y Veiga, 1990)

Interpretación: De acuerdo al predominio de material fino y a las características sedimentológicas es posible inferir condiciones de depositación subáreas de baja energía en un cuerpo de agua relativamente somera en el cual desembocaban corrientes tractivas con abundante fango. En una etapa posterior corrientes oscilatorias modificaban estos depósitos para concluir este proceso con la etapa de quietud y la concomitante decantación del material pelítico. La presencia de nanofosiles permite suponer un ambiente marino cercano a la costa. Esta litofacies es interpretada como la desembocadura de sistemas fluviales distales en un cuerpo de agua marino somero o bien con posible conexión marina.

Litofacies 5: Pelitas gris verde oscuras con intercalaciones de vaques y moldes de cristales de sal.

Descripción: Se compone de pelitas gris verdosas oscuras y gris oliva, finamente laminadas, con intercalaciones de delgados niveles limosos con moldes de cristales de sal. Rossi *et al* (op.cit.) reconocieron para facies similares a las aquí descritas, bancos de calizas con laminación criptoalgaica y onduladas simétricas en niveles limosos (fig.6).

En el estudio micropaleontológico de estas facies se reconocieron nanofosiles similares a los descritos en la litofacies 4 (Angellozzi com.ver. en Rossi y Veiga, op.cit.).

Interpretación: Las características observadas para esta litofacies permiten inferir condiciones de depositación subáreas con escasa a nula agitación de las aguas lo cual permitía la decantación de material pelítico. La existencia de niveles con crecimiento desplazativo de cristales de sal sumado al contenido micropaleontológico permiten inferir la existencia de un cuerpo de agua somero con conexión marina, sometido a intensa evaporación y con posible emersión del sustrato.

Asociación de litofacies y distribución areal

De acuerdo a la distribución areal, vertical y a la interrelación

de las diferentes litofacies descritas en afloramientos, surgen tres asociaciones principales que pueden extrapolarse al ámbito de subsuelo:

- 1.- Asociación marino marginal (amm): compuesta por las Litofacies 4 y 5.
- 2.- Asociación fluvio-eólica (afe): compuesta por las Litofacies 1, 2 y 3
- 3.- Asociación fluvial (af): compuesta por las Litofacies 2 y 3.

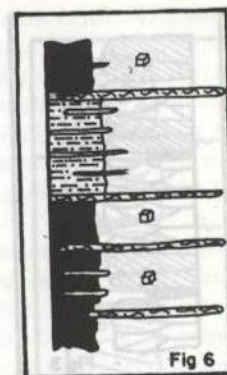
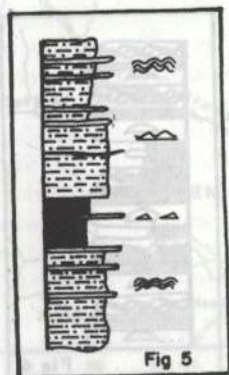
A partir de este agrupamiento definido en superficie, se extrapolaron dichos datos al ámbito de subsuelo, a fin de establecer un modelo depositacional y estratigráfico para el Miembro Avilé que compatibilice en ambos marcos geológicos. Para ello se realizaron diferentes cortes litofaciales a los efectos de reconocer las asociaciones principales y la distribución areal de las mismas (fig.7).

Una correlación litofacial que une solamente perfiles de superficie en el extremo occidental de la zona de estudio (fig.7a) permite observar un incremento continuo de espesores hacia el Norte, asimismo es importante resaltar como la "afe" pasa como "amm" y como esta última se hace dominante al Norte del Rio Colorado.

Una correlación litofacial entre el perfil A. de las Cabras y el pozo #2 (fig.7b) permite reconocer una progresiva disminución de los espesores del Miembro Avilé hacia el Este, es decir hacia el borde de cuenca, siendo posible reconocer las tres asociaciones litofaciales: "amm", "afe" y "af". Es interesante señalar como la "amm" se acuña hacia sectores proximales, mientras que la "afe" y "af" presentan una mayor persistencia lateral.

La fig.7c es un corte litofacial entre los sondeos #1 al #6, ubicado hacia posiciones más orientales. Es importante resaltar la gran variabilidad de espesores observándose un máximo en el pozo #2. En este sondeo se presentan la "afe" y la "af", pero tanto hacia el Norte como al Sur los espesores se reducen notablemente conservándose únicamente la "af". Hacia el Norte, próximo al pozo #6, se manifiesta un incremento de espesor por incorporación de la "amm".

De acuerdo a los cortes presentados y al ordenamiento vertical de litofacies mostrados en los sectores Norte, Central y Sur, es posible definir un plano litofacial del Miembro Avilé para el Norte del Neuquén (fig.8). En el mismo se aprecia

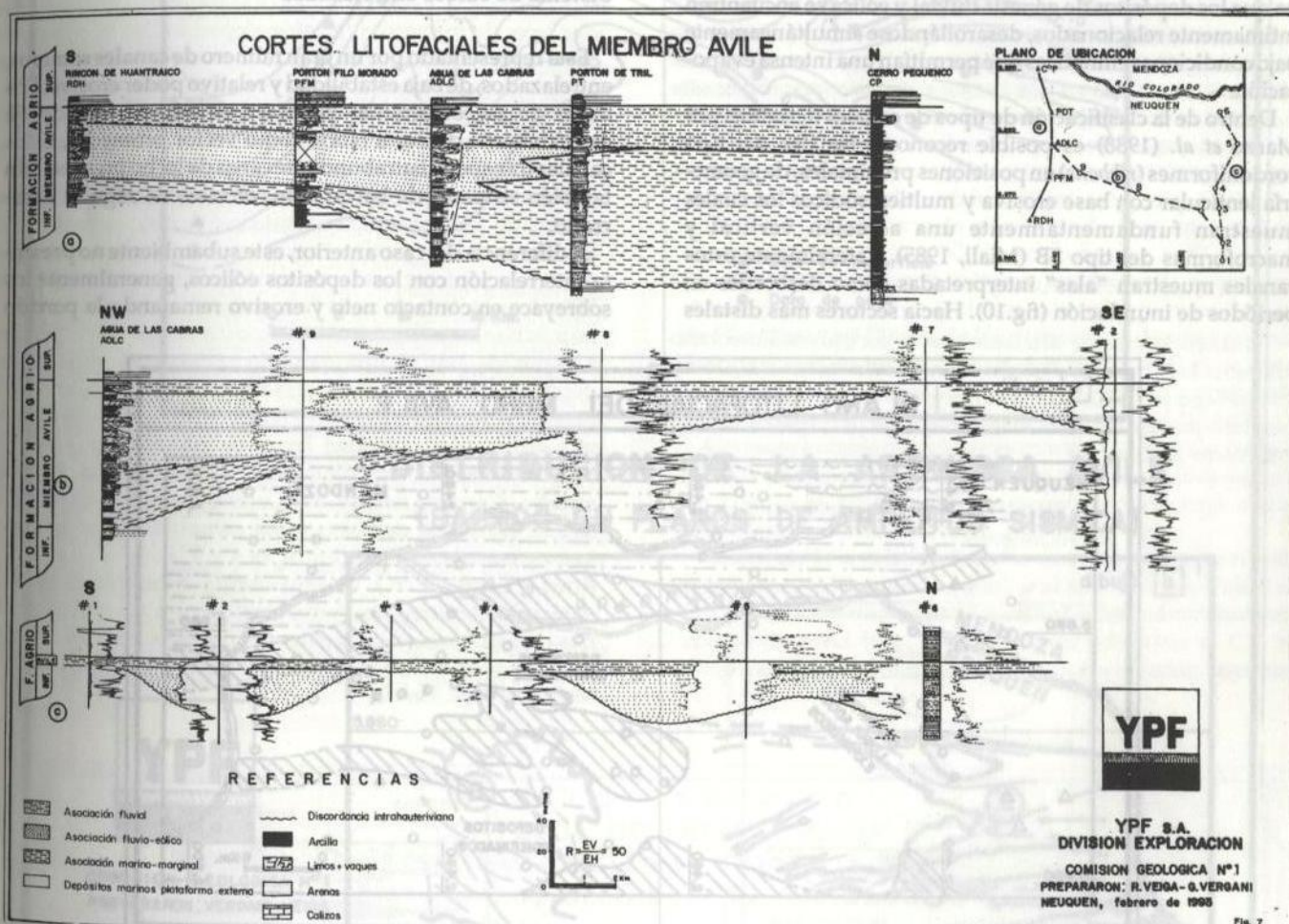


como las "afe" y "af" se encuentran mejor representadas en el sector Sur, mientras que la "amm" se desarrolla al Norte y Noroeste. Este desmejoramiento en las facies fue señalado por Orchuela (1975), Medori *et al.* (1980) y Mendiberri (1985) en estudios de subsuelo, los cuales mencionan un abrupto y marcado límite de permeabilidad al Sur del Río Colorado. Asimismo es interesante tener en cuenta que en los sectores donde el Miembro Avilé desarrolla la "afe", la misma se presenta en franjas de mayor espesor de rumbo Este-Oeste conformando el relleno de paleocauces de diseño subparalelo en el sector oriental que convergen en las proximidades de Pampa Tril. Este comportamiento se verifica a través de mapas de amplitudes sísmicas (Gerster y Benotti, 1990; Gers-

ter, 1991 y Gerster, 1992) los cuales permiten reconocer zonas de alta amplitud coincidentes con importantes espesores arenosos (figs.9 a y b).

Modelo sedimentario

De acuerdo a la distribución regional de las distintas litofacies como a sus características sedimentológicas, es posible afirmar que para la depositación del Miembro Avilé, en el sector estudiado, prevalecieron condiciones fluviales, eólicas y marino marginales. Dentro de este marco paleogeográfico



es posible diferenciar distintos ambientes sedimentarios con procesos actuantes en cada uno de ellos, pero interrelacionados entre sí. Dentro de la zona investigada se reconocen:

- 1- sistema fluvio-eólico.
- 2- sistema de cursos entrelazados arenosos divagantes
- 3- sistema marino marginal.

Sistema fluvio-eólico

Este subambiente se caracteriza por presentar el desarrollo de un sistema de cursos entrelazados, de baja sinuosidad y de naturaleza episódica que circulaban por una planicie arenosa de bajo gradiente y con el desarrollo de un sistemas de dunas posiblemente transversales con orientación de los cuerpos en sentido OSO-ENE.

Las características intrínsecas de este subambiente determina que los depósitos de génesis fluvial y eólica se encuentren íntimamente relacionados, desarrollándose simultáneamente bajo condiciones climáticas que permitían una intensa evaporación.

Dentro de la clasificación de tipos de canales definidas por Marzo *et al.* (1988) es posible reconocer canales del tipo cordoniformes (*ribbons*) en posiciones proximales, de geometría lenticular con base erosiva y multiepisódicos los cuales muestran fundamentalmente una acreción vertical y macroformas del tipo SB (Miall, 1985). Lateralmente estos canales muestran "alas" interpretadas como desbordes en períodos de inundación (fig.10). Hacia sectores más distales

los depósitos desarrollan una geometría tabular coincidente con una zona de canales más expandidos y donde se tiene un amplio desarrollo de facies fluvio-eólicas.

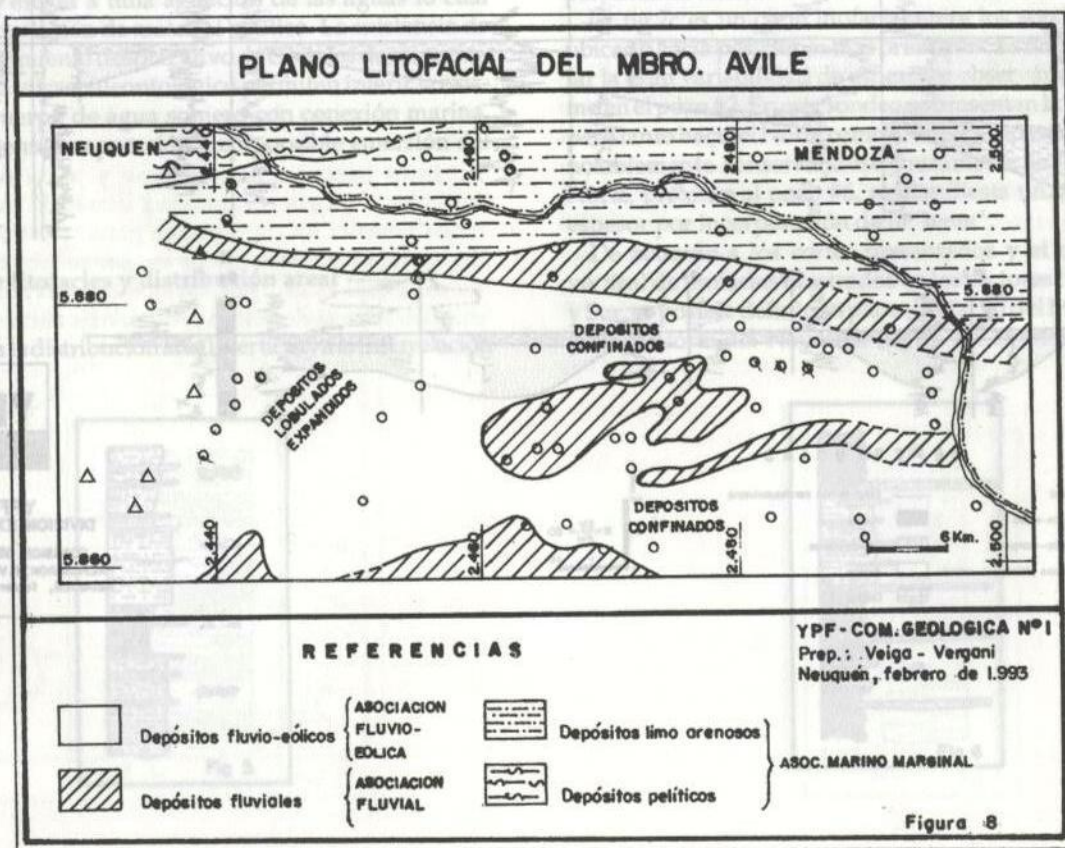
Los depósitos de génesis eólica no alcanzan a preservar la paleotopografía de un campo de dunas hacia posiciones distales. Los datos de paleocorrientes permiten inferir la acción de vientos unimodales que generaron dunas transversales que a su vez eran cortadas por cursos de agua. Asimismo estos cuerpos mostraban una alta movilidad que conducían a un pobre desarrollo de zonas de interduna seca o húmeda hacia sectores proximales.

Es importante señalar que estudios realizados por Comeron *et al.* (*op.cit*) mencionan la preservación de una paleotopografía positiva en el subsuelo de la Sierra Negra sin embargo tal rasgo no pudo ser observado en el sector occidental de la zona de estudio.

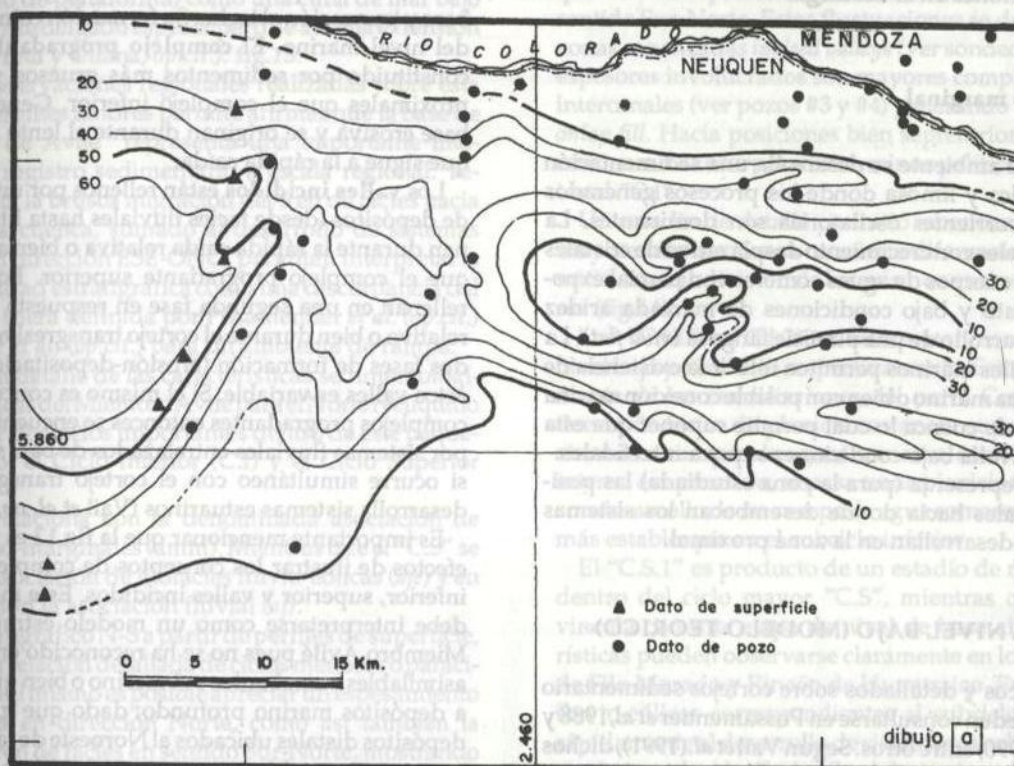
Sistema de cursos entrelazados

Esta representado por un gran número de canales someros, entrelazados, de baja estabilidad y relativo poder erosivo. Los datos de paleocorrientes permiten definir un sentido de escurrimiento de Sur a Norte como vector promedio. Estos canales transportaban abundante carga de lecho presentando también sistemas de barras transversales de regular desarrollo.

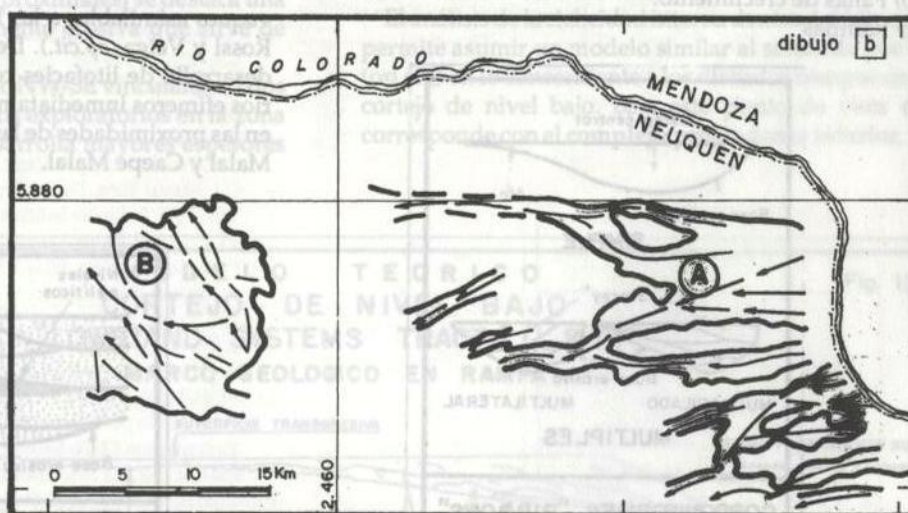
A diferencia del caso anterior, este subambiente no presenta interrelación con los depósitos eólicos, generalmente los sobreyace en contacto neto y erosivo rematando la porción



PLANO ISOPAQUICO DE ARENAS DEL MIEMBRO AVILE



DISTRIBUCION DE LA ARENISCA AVILE (BASADO EN PLANOS DE AMPLITUD SISMICA)



COMISION GEOLOGICA N°1
PREPARARON: VERGANI-VEIGA
DIBUJO: H. CIPPITELLI
NEUQUEN, febrero de 1993

- (A) - Depósitos fluvio-eólicos confinados.
- (B) - Depósitos fluvio-eólicos expandidos.

Fig. 9

cuspidal de la mayoría de los perfiles.

Dentro de la clasificación de tipos de canal definida por Marzo *et al.* (*op.cit.*); este sistema es asumido como canales lenticulares elongados (*lenticular bedded sheet*) de naturaleza multiepisdica y someros (fig.11). Las características propias de estos depósitos permiten inferir el desarrollo de canales entrelazados con importantes desviaciones laterales y con grandes fluctuaciones en la descarga.

Sistema marino marginal

Dentro de este ambiente se desarrolla una sedimentación netamente pelítica y limosa donde los procesos generados por acción de corrientes oscilatorias son dominantes. La presencia de niveles con crecimiento desplazativo de cristales permiten inferir cuerpos de aguas someras con parcial exposición del sustrato y bajo condiciones de marcada aridez vinculado al desarrollo de una planicie fangosa (*mud flat*). La presencia de fósiles marinos permiten inferir la existencia de un cuerpo de agua marino o bien con posible conexión marina hacia el interior de cuenca lo cual permite suponer que esta planicie se desarrolla bajo condiciones supra a intertidales.

Este sistema representa (para la zona estudiada) las posiciones más distales hacia donde desembocan los sistemas fluviales que se desarrollan en la zona proximal.

CORTEJOS DE NIVEL BAJO (MODELO TEORICO)

Análisis teóricos y detallados sobre cortejos sedimentario de nivel bajo pueden consultarse en Possamentier *et al.*, 1988 y Van Wagoner, 1990; entre otros. Según Vail *et al.* (1991), dichos cortejos pueden desarrollarse en tres tipos de emplazamientos o marcos geológicos:

- Margen de plataforma de aguas profundas.
- Fallas de crecimiento.
- Rampas



Fig. 10

En este último esquema Vail *et al.* (*op.cit.*) mencionan que es posible reconocer tres tipos diferentes de depósitos formados en tiempos distintos. Ellos son: 1.- Complejo progradante inferior, 2.- Complejo progradante superior y 3.- Valles incisos (fig.12)

El **complejo progradante inferior** se caracteriza por presentar depósitos finos del tipo *shoreface* bajo o bien de plataforma, muestra patrones estratales de *offlap* con *downlap* en la base y truncación al techo. Su formación coincide con la caída del nivel marino. El **complejo progradante superior** está constituido por sedimentos más gruesos y en facies más proximales que el complejo inferior. Generalmente posee base erosiva y se originan durante el lento ascenso relativo que sigue a la rápida caída.

Los **valles incididos** están rellenos por una gran variedad de depósitos (desde facies fluviales hasta litorales). Se originan durante la rápida caída relativa o bien al mismo tiempo que el complejo progradante superior. Posteriormente se rellenan en una segunda fase en respuesta al lento ascenso relativo o bien durante el cortejo transgresivo. Debido a estas dos fases de formación (erosión-depositación) el relleno de estos valles es variable. Si el mismo es concomitante con los complejos progradantes entonces se encuentra representado por sistemas fluviales entrelazados de baja sinuosidad, pero si ocurre simultáneo con el cortejo transgresivo entonces desarrolla sistemas estuarinos (Vail *et al.*, *op.cit.*).

Es importante mencionar que la fig.12 es presentada a los efectos de ilustrar los conceptos de complejo progradantes inferior, superior y valles incididos. Este modelo teórico no debe interpretarse como un modelo estratigráfico para el Miembro Avilé pues no se ha reconocido en el campo facies asimilables a un abanico submarino o bien que correspondan a depósitos marino profundo; dado que gran parte de los depósitos distales ubicados al Noroeste de la zona de estudio se encuentran cubiertos por una importante secuencia volcánica-sedimentaria de edad Terciaria. Sin embargo, observaciones realizadas inmediatamente al Norte de la zona de estudio (Sierra de Reyes-Cara Cura) muestran que esta entidad se encuentra exclusivamente compuestas por pelitas y vaques asimilables a las litofacies 4 y 5 (Rossi *et al.*, *op.cit.* y Rossi y Veiga, *op.cit.*). De igual forma es posible asignar el desarrollo de litofacies correspondientes a un ambiente de ríos efímeros inmediatamente al Oeste de la zona de estudio en las proximidades de las localidades de Chos Malal, Tricao Malal y Caepel Malal.



Fig. 11

CICLICIDAD INTERNA DEL MIEMBRO AVILÉ

El miembro Avilé fue definido como un cortejo sedimentario de nivel bajo correspondiente al tramo basal de la secuencia MS1 perteneciente a la Mesosecuencia Mendoza Superior durante el Hauteriviano inferior (Legarreta y Gulisano, *op.cit.*). Este depósito se desarrolla sobre un ambiente de rampa (sin quiebre definido de plataforma) como una cuña de mar bajo (*lowstand wedge*) de delgado espesor pero de amplia extensión regional (Legarreta y Uliana, *op.cit.*). fig.13.

Anteriores observaciones regionales realizadas sobre esta unidad por diferentes autores permite afirmar que la base de las "Areniscas de Avilé" representa una importante interrupción en el registro sedimentario a escala regional. Teniendo en cuenta la brusca migración del tren de facies hacia el interior de la cuenca, sumado al desarrollo de sistemas canalizados con dirección ESE-ONO, permiten interpretar a esta discontinuidad estratigráfica como una discordancia del tipo 1 tal como fuera definida por Posamentier *et al.* (*op.cit.*) y Van Wagoner *et al.* (*op.cit.*) para un ambiente de rampa.

Un estudio en detalle de las características sedimentológicas y estratigráficas del Miembro Avilé para el Norte Neuquino permitió definir dos ciclos importantes dentro de este paquete sedimentario: el Ciclo Inferior (C.I) y el Ciclo Superior (C.S).fig.14.

El "C.I" se relaciona con la denominada asociación de litofacies marino-marginales (amm). Mientras que el "C.S" se vincula con la asociación de litofacies fluvio-eólicas (afe) y en menor proporción la asociación fluvial (af).

Un corte estratigráfico N-S a partir de perfiles de superficie, muestra una correlación detallada de ciclos menores o paraciclos (fig.15a). En el mismo es posible apreciar un espesamiento de la secuencia en dirección Norte, como así también la evolución del tren de facies en sentido Sur-Norte, mostrando los depósitos más proximales en el perfil Rincón de Huantraico mientras que las facies distales están representadas en el perfil Cerro Pequenco. Es importante señalar la relación de *onlap* del "C.I" con la discontinuidad basal hacia posiciones proximales. De igual forma (hacia los sectores proximales) se destaca una superficie neta, plana y posiblemente erosiva que sirve de límite entre el "C.I" y el "C.S".

Un corte estratigráfico en sentido NW-SE vinculando datos tomados de superficie con sondeos exploratorios en la zona (fig.15b) muestra que el "C.I" desarrolla mayores espesores

hacia posiciones más internas, mientras que desaparece en las proximidades del pozo #8 por *onlap*. De igual forma es posible observar como el "C.S" traslapa por sobre la discordancia basal acuniándose hasta un espesor mínimo en las proximidades del sondeo #7, para luego a incrementar su espesor al SE.

La fig. 15c exhibe un rasgo de particular interés para el sector oriental de la zona estudiada. En el mismo se observa que el "C.S" presenta grandes variaciones de espesor en sentido Sur-Norte. Estas fluctuaciones se deben al relleno de zonas canalizadas *incised valleys* (ver sondeo #2) en donde los espesores involucrados son mayores comparados con zonas intercanales (ver pozos #3 y #4) generando una geometría de *onlap fill*. Hacia posiciones bien septentrionales (sondeo #6) comienzan a incorporarse términos pelíticos correspondientes al "C.I".

Un estudio de detalle permitió reconocer en ambos ciclos mayores dos secciones con cierta diferenciación, lo cual permitió una subdivisión de los mismos en dos subciclos menores (fig.14).

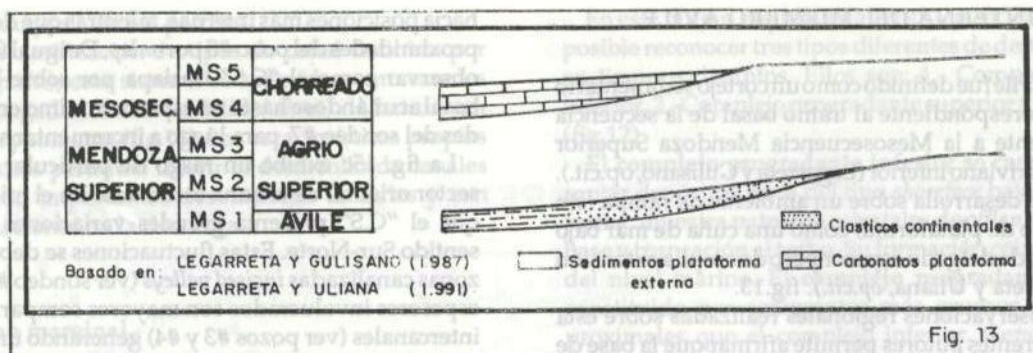
Los "C.I.1" y "C.I.2" se interpretan como un estadio de nivel bajo y nivel alto respectivamente. Esto se observa claramente en las inmediaciones del perfil Cerro Pequenco, en donde de facies de planicie costanera supra/intertidal relacionada a cuerpos de aguas someras, con conexión marina e intensa evaporación, se pasa a una planicie fangosa (*mud flat*) con desarrollo de un cuerpo de agua somero marino pero algo más estable que en el subciclo inferior.

El "C.S.1" es producto de un estadio de nivel de base bajo dentro del ciclo mayor "C.S", mientras que el "C.S.2" se vincula con una etapa de nivel de base alto. Estas características pueden observarse claramente en los perfiles, Portón de Filo Morado y Rincón de Huantraico. En donde de facies fluvio-eólicas correspondientes al subciclo "C.S.1" se pasa rápidamente al desarrollo de sistemas canalizados y de planicie de inundación (facies fluviales) asignadas al "C.S.2"

Un rasgo notable de señalar es que el "C.S.2" transgrede a todos los depósitos presentando una gran continuidad areal, no quedando restringidos a determinados sectores como ocurre con los otros subciclos.

El análisis de la ciclicidad interna dentro del Miembro Avilé permite asumir un modelo similar al señalado por Vail *et al.* (*op.cit.*) en lo concerniente a los distintos componentes de un cortejo de nivel bajo. Bajo este punto de vista el C.I. se corresponde con el complejo progradante inferior, mientras





que el C.S. se relaciona con el **complejo progradante superior**. Hacia sectores proximales y simultáneamente con el desarrollo de los complejo se produce el relleno de los sistemas canalizados que previamente fueron labrados sobre la plataforma concomitantes con la caída relativa del nivel de base.

Por último, los ciclos menores son productos de fluctuaciones de menor jerarquía dentro de la curva relativa de tercer orden. Tales variaciones de alta frecuencia fueron citadas por Van Wagoner *et al.* (*op.cit.*).

CONCLUSIONES

La combinación de información procedente de geología de superficie, sísmica y de subsuelo explican la distribución y preservación de facies arenosas dentro de un paleorelieve generado por una abrupta caída relativa del nivel de base hace 117.5 Ma. Esta importante regresión hauteriviana dió origen a un sistema canalizado implantado sobre las pelitas de la Formación Agrio.

Los estudios sedimentológicos definen que las facies que predominan en estos sectores son de origen fluvial, eólico y marino marginales.

El detallado análisis estratigráfico permite encontrar una

relación genética entre los potenciales reservorios y su distribución regional a partir del estudio de ciclos y paraciclos que modulan en una frecuencia mayor al rango de la secuencia deposicional. Es posible definir así que las facies con mejores características como reservorio se vinculan con el Ciclo Superior el cual se muestra confinado en dos importantes franjas de orientación ONO-ESE en el sector no aflorado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades de la División Exploración de YPF SA. por autorizar la publicación de este trabajo, así como a los miembros del Jurado y a los licenciados F. Bettini e I. Brisson por la lectura crítica del manuscrito y por las observaciones y correcciones realizadas. Finalmente se agradece a la Dra. G. Angelozzi por la información micropaleontológica suministrada.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AHLBRANDT, T.S. & S.G. FRYBERGER. 1982. Eolian deposits. En: Scholle, P. & D. Spearing (Eds.) Sandstone Depositional Environments. American Association of Petroleum Geologists Memoir 31:11-49. Tulsa.
- ANGELLOZZI, G. 1986. Informe micropaleontológico (nanofósiles calcáreos) en los perfiles Loma Tilhue, Curaco, Agua de la Piedra, Co. Mayal Este, Pichi Neuquén, Taquimilán y Antidinal Pampa Tril. YPF, Informe Inédito.
- CANT, D.J. 1982. Fluvial facies models and their application. En: Scholle, P. & D. Spearing (Eds.) Sandstone Depositional Environments. American Association of Petroleum Geologists Memoir 31:115-137. Tulsa.
- COLLINSON, J.D. 1984. Deserts. En: Reading, H.G. (Ed.) Sedimentary Environments and Facies. Blackwell, 615pp. Oxford.
- COMERON, R., M. MUÑOZ y A. LIMERES. 1992. Modelo geológico y reservas de petróleo del Miembro Avilé (F. Agrio) en la zona de los Yacimientos Chihuido de la Sierra Negra, Lomita Norte, Lomita y Lomita Sur. YPF. SA., Informe Inédito.
- FRYBERGER, S.G. 1979a. Dune forms and wind regimes. En: McKee, E.D. (Ed.). A study of global sands seas: U.S. Geological Survey Prof. Paper 1052.
- GERSTER, R. 1991. Interpretación prospecto sísmico 3D. Chihuido de la Sierra Negra (bloque sur). Cuenca Neuquina. YPF. SA., Informe Inédito.



- KIRK, M. 1983. Bar development in a fluvial sandstones (Westphalian "A"), Scotland. *Sedimentology* v.30:727-742.
- KOCURECK, G. 1981. Significance of interdune deposits and bounding surfaces in aeolian dune sands. *Sedimentology* v.28 753-780.
- LEGARRETA, L. y C.A. GULISANO. 1988. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). En: Chebli, G. y L. Spalletti (Eds.). Simposio de Cuencas Sedimentarias Argentinas. X Congreso Geológico Argentino. Tucumán.
- y M. ULIANA. 1991. Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of back-arc basin fill, central Argentine Andes. En: Macdonald, D.I.M. (Ed.). Special Publication N°12 International Association of Sedimentologists: 429-451.
- MARZO, M., W. NIJMAN y C. PUIGDEFABREGAS. 1988. Architecture of the Castissent fluvial sheet sandstones, Eocene, South Pyrenees, Spain. *Sedimentology* v.35:719-738.
- MEDORI, R., C. ARREGUI y A. SANCHEZ DE BUSTAMANTE. 1980. Algunas consideraciones acerca de las posibilidades de la Arenisca de Avilé, entre Chihuido de la Sierra Negra y Pampa Tril. YPF SA. Informe inédito.
- MENDIBERRI, H. 1985. Estratigrafía de la sección inferior de la formación Agrio. Boletín de Informaciones Petroleras N°3:35-52.
- MIALL, A.D. 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Science Reviews* v.13:1-62.
- . 1985. Architectural-Element Analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits.
- . 1988. Reservoir heterogeneities in fluvial sandstones: lessons from outcrop studies. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* v.72:682-697.
- . 1992. Alluvial Models. En: Walker, R.G. (Ed.) *Facies Models*. Geological Association of Canada:119-143.
- ORCHUELA, I.A. 1975. Los cuerpos andesíticos en el subsuelo de

Chihuido de la Sierra Negra y distribución areal de la Arenisca de Avilé. YPF SA., Informe inédito.

- POSAMENTIER, H.W., M.T. JERVEY & P.R. VAIL. 1988. Eustatic controls on clastic deposition I- conceptual framework. En: Wilgus, C.K., B.S. Hastings, C.G. Kendall, H. Posamentier, C.A. Ross & J. Van Wagoner (Eds.). *Sea Level changes: an integrated approach: Society of Economy Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 42: 109-124.*
- ROSSI, G.C., S. MINITTI y P. CLARK. 1990. Estudio sedimentológico del Miembro Avilé (Formación Agrio) en la región noroccidental de la provincia de Neuquén. YPF SA., Informe inédito.
- y R.D. VEIGA. 1990. Evaluación estratigráfica, estructural y posibilidades petroleras de la Sierra de Reyes. Prov. de Mendoza. YPF SA., Informe inédito.
- RYER, T.A. 1991. Lower Cretaceous Avile Sandstones, Neuquen Basin, Argentina. Exploration Model for a Lowstand Clastic Wedge in a Back-Arc Basin. *American Association of Petroleum Geologists, 1991 Annual Convention Official Program.*
- STEEL, R. & S.M. AASHEIM. 1978. Alluvial sand deposition in a rapidly subsiding basin (Devonian, Norway). En: Miall, A.D. (Ed.) *Fluvial sedimentology*. Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.:385-412.
- TURNBRIDGE, I.P. 1984. Facies model for sandy ephemeral stream and clay playa complex; the Middle Devonian Trentishoe Formation of North Devon, UK. *Sedimentology* v.31:697-715.
- VAIL, P.R., F. AUDEMARD, S.A. BOWMAN, P.N. EISNER & G. PEREZ-CRUZ. 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentation. En: Seilacher, D. & G. Eisner (Eds.). *Cycles and events in stratigraphy*. Springer Verlag (en prensa).
- VAN WAGONER, J.C., R.M. MITCHUM, K.M. CAMPION & V.D. RAHMANIAN. 1990. *Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops for High-Resolution Correlation of Time and Facies*. American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series, N°7. pp 55.

