

TRABAJO 24

MODELO DEPOSITACIONAL Y CARACTERES PRODUCTIVOS DEL GRUPO NEUQUEN EN EL YACIMIENTO CERRO FORTUNOSO (SUR DE MENDOZA). ANALISIS COMPARADO DE TESTIGOS CORONA, IMAGEN DE POZO Y PERFILES

Mario Schiuma (1), Luis Spalletti (2) y Héctor Valenziano (3)

(1) Western Atlas Argentina,

(2) Centro de Investigaciones Geológicas, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Univ. Nac. La Plata - CONICET,

(3) Yacimientos Petrolíferos Fiscales Sociedad Anónima

ESTANTERIA CONGRESOS
UBICACION

ABSTRACT. Cerro Fortunoso oil field produces from the Upper Cretaceous Neuquén Group. The producing interval consists of an ephemeral fluvial complex composed of pebble and granule conglomerates, coarse to medium grained sandstones, heterolithic intervals and mudstones. Detailed study of a 27.5 m core allowed definition of several lithofacies, arranged in three (conglomerate, sandstone and fine-grained) facies associations. The conglomerate association represents the more channelized upper-wadi environment. Sedimentary features and rhythms of the sandstone association indicates deposition as high- to moderate-regime non channelized intermediate wadi sand-lobes. The fine-grained (muddy and heterolithic) association represents the more distal mud-lobes and playa environments.

High and low resolution resistive logs (DLL and TBRT), combined with acoustic image logs (CBIL) were the most appropriate borehole logging tools for facies identification and petrophysical characterization.

Reservoir quality is primarily a product of porosity, permeability, texture and thickness of coarse-grained beds. In the Cerro Fortunoso oil field net pay is directly related to massive and cross stratified gravelly and sandy lithofacies deposited in the transition between the upper and intermediate sectors of the ephemeral fluvial system.

reservorios, localizado en el Grupo Neuquén (Yacimiento Cerro Fortunoso) al sur de la provincia de Mendoza. Para ello se ha realizado la descripción detallada de testigos corona y su comparación con perfiles convencionales, perfil resistivo de alta resolución y perfil de imagen acústica. Se efectúa, asimismo, la definición de facies sedimentarias y de asociaciones de facies, su interpretación dinámica y la inferencia de sistemas depositacionales. También se definen las facies y asociaciones con mejores características petrofísicas.

UBICACION Y RASGOS GENERALES DEL YACIMIENTO

El Yacimiento Cerro Fortunoso se ubica en el extremo sur de la provincia de Mendoza, en el ámbito de la Cuenca Neuquina (figura 1). La columna estratigráfica local abarca a numerosas y espesas unidades mesozoicas y cenozoicas. Entre ellas, resulta de interés especial el Grupo Neuquén (Cretácico superior, Senoniano), puesto que en él se localiza el horizonte productivo del yacimiento.

En esta región, el Grupo Neuquén está constituido por 700 m de sedimentitas silicoclásticas de origen continental, que han sido divididas informalmente en tres secciones (cuadro 1). Los 200 m inferiores corresponden a depósitos predominantemente psefíticos de color castaño y naturaleza polimíctica denominado Conglomerado Basal, el que por su nulo valor como reservorio de hidrocarburos ha sido poco investigado. Por encima, después de una notoria intercalación arcillosa, aparece un conjunto conocido como Complejo Arenoso, que consiste en 450 m de sabulitas, areniscas y pelitas castaño rojizas y rojas, interestratificadas, junto a niveles de conglomerados. La porción superior de la unidad se compone de 50 m de una sucesión en la que predominan las pelitas rojas.

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Durante los últimos años, el desarrollo de reservorios complejos, tanto desde el punto de vista estratigráfico como estructural, ha requerido la aplicación de métodos de descripción de sumo detalle (cf. Tillman y Weber, 1987), con la finalidad de determinar adecuadamente la geometría de las capas productoras y la distribución de las características petrofísicas. Estas tareas resultan de importancia fundamental en todas las actividades vinculadas con el manejo de estos recursos, como por ejemplo la ampliación de tareas exploratorias y la elaboración de proyectos de recuperación asistida.

Este trabajo tiene como objetivo analizar uno de estos

Cuadro 1: Caracteres generales del Grupo Neuquén en el Yacimiento Cerro Fortunoso. Valenziano, 1991

Tope Sección Pelítica (50 m)

Complejo Arenoso
(450 m)

Electrounidad D (70-100 m)
Electrounidad C (65-100 m)
Electrounidad B (120-200 m)
Electrounidad A (35-95 m)

Base Conglomerado Basal (200 m)

En el cuadro 1 se muestra que en el Complejo Arenoso -el de mayor interés desde el punto de vista de la producción de hidrocarburos- se reconocen cuatro electroneidades (A, B, C y D), delimitadas sobre la base de eventos conspicuos de baja energía (niveles pelíticos) en el perfil resistivo.

De ellas, la más importante es la Electroneidad B, pues alcanza un importante espesor (120 a 200 m) y es la que muestra mayor cantidad de niveles arenosos. Esta electroneidad se caracteriza, además, por el desarrollo de una serie sucesiva de electrosecuencias granoderecientes en las que intervienen desde conglomerados hasta fangolitas.

Como se observa en la figura 1, la estructura del yacimiento consiste en un anticlinal estrecho cuyo eje tiene rumbo NNE-SSO. Ambos flancos están afectados por fallas inversas paralelas al eje del pliegue; las del ala oriental buzcan al O y las de la occidental lo hacen hacia el E.

METODOLOGIA

Los estudios se efectuaron en un tramo de 27,5 m de espesor sedimentario entre los 1543,5 m y 1571 m de la perforación YPF C° F 21 (figura 2), que corresponde a la Electroneidad B del Complejo Arenoso, antes descripto.

El testigo corona fue analizado a una escala original 1:10 sobre la base de la metodología recomendada por Spalletti (1991), que comprende la descripción litológica nivel por nivel (textura, composición, color, estructuras sedimentarias), la definición de facies observacionales (según el código de Miall, 1978, modificado) y sus asociaciones, la de ritmos y secuencias sedimentarias, y la determinación de procesos, eventos y ambientes de deposición. Desde el punto de vista operativo, la mayor parte del material resultó de excelente calidad por su moderado a elevado grado de consolidación; sin embargo no se pudo recuperar material en el tramo de 1,5 m que va de 1557 m a 1558,5 m.

Para el presente trabajo se registraron tres tipos de perfiles de resistividad: Doble Lateroperfil (DLL), Micro Lateroperfil (MLL) y Resistividad para Capas Delgadas (TBRT). También se determinaron perfiles de Densidad, Rayos Gamma, SP, Caliper y de Imagen Acústica de Pozo (CBIL).

Las diferencias entre los tres registros resistivos radican en el grado de definición vertical (DLL; 60 cm; MLL; 15 cm y TBRT entre 5 y 20 cm, según la densidad del muestreo) y en la profundidad de investigación o de "penetración" en la roca, que es alta en el DLL (1,15 m), mucho más baja en MLL (7,5 cm) e intermedia en el TBRT (60 cm). Estas últimas

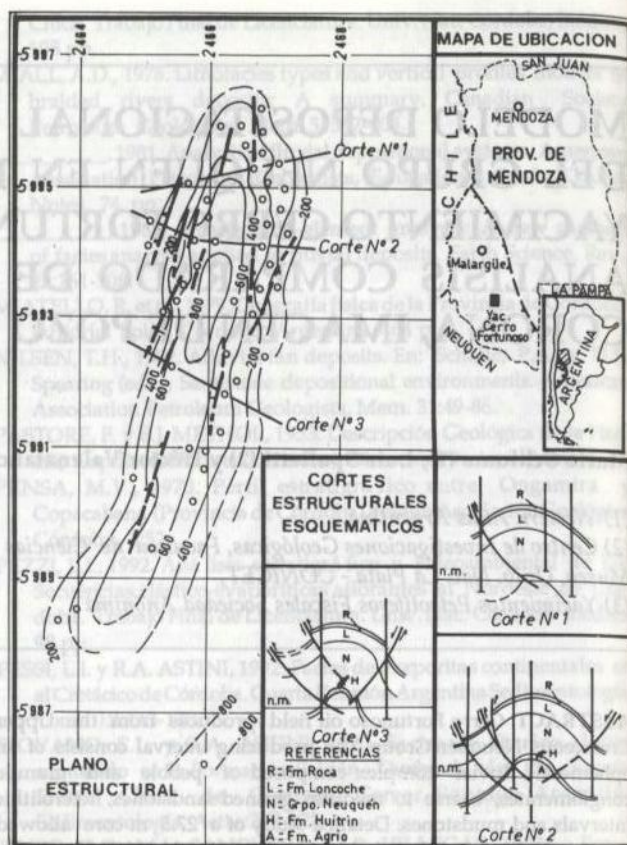


Figura 1: Mapa de ubicación del Yacimiento Cerro Fortunoso, plano estructural al tope de la Electroneidad B y cortes estructurales esquemáticos.

diferencias proporcionaron una idea de la permeabilidad de la capa y permitieron medir la movilidad de los hidrocarburos.

El perfil de Resistividad para Capas Delgadas (TBRT) consiste en una herramienta que muestrea cada 2,5 cm, con lo que es posible definir rasgos de hasta 5 cm de espesor. De este modo, se pueden ubicar con mayor precisión los límites entre capas, se detecta la presencia de intercalaciones delgadas y se logra -en definitiva- un ajuste mayor en la determinación de reservas volumétricas.

En lo que hace a la definición vertical, el perfil de densidad está en el orden de los 50 cm; ésta aumenta en el de Rayos Gamma (30 cm) y es menor en el SP (1 m).

Además de los registros mencionados, se ha obtenido una imagen orientada de la totalidad de la pared del pozo, con el empleo del CBIL, un perfil acústico de alta frecuencia que mide la atenuación de la amplitud y el tiempo de tránsito de un haz de ondas reflejadas en las rocas atravesadas. El CBIL tiene altísima densidad de muestreo, con más de 500 medidas por centímetro vertical, y puede alcanzar un grado de resolución poco menor al centímetro (0,8 cm). Resulta así una herramienta ideal para apreciar -entre otras- propiedades de masa, tales como tipos de estratificación y bandeamiento, estructuras primarias internas y de erosión, deformacionales, químicas y biogénicas, ciclos sedimentarios y secuencias de facies (Spalletti *et al.*, 1992).

FACIES DEL TESTIGO CORONA Y PROCESOS DEPOSITACIONALES

La columna analizada se caracteriza por diversos tipos de sedimentitas y facies clásticas, con la participación de todas las variedades texturales (figura 2). Las psefitas son esencialmente ortoconglomerados y ortosabulitas con matriz arenosa abundante (matriz soporte), compuestos por líticos volcánicos y piroclásticos subangulosos a subredondeados; poseen madurez textural y selección moderadas. También se hallan paraconglomerados o diamictitas de muy pobre selección y soporte de matriz areno-pelítica. Entre las psefitas se cuentan varios cuerpos delgados de intraconglomerados constituidos por fragmentos tabulares de pelitas, tufolitas y areniscas.

Intraclastos aislados de tamaño muy grueso ("anormal") se presentan dentro de estratos arenosos y aún conglomerádicos extracuencales. Los intervalos de grano grueso también poseen niveles o capas de areniscas conglomerádicas, caracterizadas por psamitas limpias muy gruesas hasta medianas, con gránulos y guijas dispersas homogéneamente en todo el espesor.

Tal como se muestra en la figura 2, entre las litofacies de grano grueso (G) se destacan los cuerpos macizos (Gm) que pueden reconocer origen diverso, desde depósitos del núcleo de barras y de corrientes concentradas, hasta producto de flujos de detritos, en este último caso como facies Gms o de diamictitas (Spalletti, 1987; Spalletti et al., 1988). Aparecen también conglomerados y sabulitas de capa plana (Gh) generados por flujos de régimen alto (Southard y Boguchwal, 1990), quizás crecientes de discreta profundidad que circularon sobre el techo de barras o directamente sobre el área de desbordamiento. Se reconocen, por último, cuerpos con entrecruzamiento planar (Gp), en artesa (Gt) y de bajo ángulo (Gl) que se pueden atribuir a acreción de barras gravosas bi y tridimensionales, y que constituyen típicas formas migratorias de sistemas fluviales de alta energía (Collinson, 1986).

Las areniscas son también de naturaleza volcánoclastica y por su textura se reconocen variedades limpias (arenitas) y sucias (wackes), las primeras dominantes. Se trata de sedimentitas medianas a gruesas con grado de selección variable y clastos subredondeados a subangulosos. Aparecen asimismo niveles de neta filiación piroclástica que corresponden a tufolitas y tobas.

La facies arenosa más frecuente es la de cuerpos macizos (Sm, véase figura 2) que podrían corresponderse con mecanismos de acumulación súbita a partir de flujos concentrados (crecientes laminares). Sin embargo algunas capas Sm muestran desarrollo de estructura gradada normal que sugiere decantación progresiva desde suspensiones turbulentas. Estos procesos de sedimentación rápida se verían confirmados por la presencia de estructuras en platos, atribuibles a flujos licuefactados en los que hay colapsamiento de granos y concomitante escape de fluidos (Lowe, 1979). Algunos estratos macizos pueden además representar fenómenos de deformación intensa que implican la destrucción de estructuras internas originales. En este sentido, se ha identificado una facies de areniscas con estratificación convoluta (Sd) que pone en evidencia proce-

sos de escape de fluidos (Collinson y Thompson, 1982) y modificación postdeposicional de las estructuras primarias.

Los depósitos de areniscas debidos a agentes traccionales están representados por estratos entrecruzados en artesa (St), planares (Sp) y con laminación entrecruzada (Sr) (figura 2), todos correspondientes a regímenes de flujo bajos y producidos por migración de dunas, ondas de arena y óndulas, respectivamente (Southard y Boguchwal, 1990). Cuerpos arenosos con estructura de capa plana (Sh) y de bajo ángulo (Sl) reflejarían eventos de mayor energía y vinculación con flujos someros, cercanos a supercríticos; corresponderían a depósitos del tope de barras areno-gravosas (Spalletti et al., 1988) o -con mayor probabilidad- a corrientes con canalización muy pobre a nula (Tunbridge, 1981).

Entre las pelitas, las variedades más frecuentes son las fangolitas (con participación también de areniscas muy finas), mientras que las arcilitas son mucho más escasas. Estas sedimentitas se presentan en tramos con conspicua masividad (facies Fm), aunque por sectores hay cuerpos con estructura moteada (Fd) producto de deformaciones de carácter sedimentario (figura 2).

Vale destacar que la mayoría de los términos de grano fino del testigo corona son heterolíticos (figura 2), con alternancias o interlaminaciones de psamitas finas-muy finas y fangolitas. Estas facies, que han sido codificadas como H en este trabajo, se caracterizan por la alternancia repetitiva de estructuras de tracción en las arenas (óndulas escalonadas o laminación entrecruzada tridimensional) y laminación o masividad en las pelitas. Las facies H pueden ser de tipo flaser, ondulosa y lenticular (figura 2), de acuerdo a la proporción (creciente) de sedimento fino. En ocasiones se encuentran deformadas por convolución (Hrd) o por desarrollo de estructura moteada (Hd). Un caso especial es el de heterolíticas con desarrollo de estructura entrecruzada planar, conocida como IHS (inclined heterolithic stratification, Thomas et al., 1987); esta facies se interpreta como depósito de acreción lateral de barras en canales altamente sinuosos con dominio de carga suspensiva (Smith, 1987). Para el Grupo Neuquén, rasgos similares fueron descriptos en 1990 por Gazzera y Spalletti.

ASOCIACIONES DE FACIES Y SISTEMAS DEPOSITACIONALES

En la sección estudiada se han podido definir tres asociaciones de facies (figuras 2 y 3) sobre la base de las relaciones verticales entre las sedimentitas y sus atributos depositacionales: 1) Asociación conglomerádica, 2) Asociación arenosa y 3) Asociación de finos, pelítica o areno-pelítica. Se ha encontrado que estas asociaciones son fuertemente recurrentes o reiterativas en sentido vertical (figuras 2 y 3), por lo que forman parte de un único sistema depositacional.

La asociación conglomerádica consiste en sucesiones multiepisódicas de conglomerados y sabulitas Gm, Gp, Gt y Gh, junto a intercalaciones de areniscas muy gruesas y areniscas conglomerádicas Sp, St y Sm (figura 2).

Estos depósitos de alta energía muestran abundantes

y marcadas discontinuidades entre estratos (canalización?). El predominio de sedimentación traccional resulta característico de un sistema fluvial entrelazado gravoso o gravo-arenoso, en parte similar a los descritos por Rust (1978) y Miall (1977, 1985), entre otros. Con todo, el espaciado entre discontinuidades, la potencia total de cada asociación (inferior a los 6 m) y el desarrollo de frecuentes capas planas y de bajo ángulo, sugieren primero que la profundidad de las corrientes no era muy grande con grado de canalización pobre, y segundo que el sistema poseía fuerte impermanencia (unsteady flows) y que quedaba desactivado o abandonado en forma relativamente rápida.

Junto a los depósitos antes nombrados aparecen otros más caóticos de paraconglomerados con aspecto macizo, aunque con arreglo granodecreciente, debidos a esporádicos flujos de barro o de detrito. Estas psefitas sugieren fuerte remoción detrítica asociada a fenómenos de descarga súbita (lluvias torrenciales) en áreas semiáridas o áridas (Cf Spalletti, 1972, 1980; Miall, 1978; Weels y Harvey, 1987), o también excesivo aporte clástico ligado a fenómenos volcánicos explosivos (véase Polanski, 1966).

En forma general, y por sus atributos texturales y composicionales, la asociación conglomerádica pone de manifiesto un área de sedimentación media-distal respecto a márgenes de cuenca con relieve significativo.

La asociación de facies arenosa (figuras 2 y 3) consiste en sucesiones con predominio de estratos macizos (Sm) con niveles aislados de capa plana (Sh), de bajo ángulo (Sl) y entrecruzadas bi y tridimensionales (Sp, St). La frecuente masividad, las estructuras de alto régimen y la inferible falta de canalización de los cuerpos (base plana, escasamente erosiva), sumadas a evidencias de procesos de rápida sedimentación y estructuras de deformación por escape de fluidos, semejan a depósitos de lóbulos arenosos de wadis o sistemas fluviales efímeros (Spalletti, 1979; Miall, 1981, 1984; Limarino y Spalletti, 1991). Los principales procesos de acumulación serían crecientes no canalizadas, espasmódicas y violentas; al respecto, la presencia de algunas secuencias elementales granodecrecientes podría ser testimonio del proceso de decaimiento de las mencionadas crecientes (Tunbridge, 1981).

La asociación de facies de grano fino (figuras 2 y 3) se compone de dos miembros. El primero consiste en niveles arenosos finos y muy finos, heterolíticos y pelíticos alternantes sistemáticamente, con estructuras de bajo régimen (laminación entrecruzada u óndulas escalonadas) con evidencias de sedimentación súbita (estructuras de deformación y escape), y de decantación desde suspensiones ácuas, características de barreales o charcos no permanentes. El segundo miembro se compone de cuerpos psamíticos de base plana, algunos con arenitas macizas y delgadas, otros de wackes hasta piroclastitas gradadas. Estos depósitos reflejan agradación por corrientes diluidas subcríticas a procesos puramente suspensivos (inclusivo a partir de lluvias de cenizas).

Las secciones de grano fino se pueden asimilar a zonas de lóbulo distal de un sistema efímero (Sneh, 1983). Las frecuentes capas dobles traccionales-suspensivas se habrían generado por acreción vertical de sucesivas crecidas no confinadas. A intervalos, sobre el área expuesta, se infiere la acumulación de depósitos subaéreos de decantación con

probable retrabajamiento eólico (sand-sheets, Ahlbrandt y Fryberger, 1982; Clemmensen *et al.*, 1989; Langford y Chan, 1989). Con todo, en este estudio no se han detectado evidencias de deposición en verdaderos médanos o dunas eólicas.

En las asociaciones de grano fino aparecen los cuerpos heterolíticos con estratificación entrecruzada (IHS) que se atribuyen a la acreción lateral de barras de punta en sistemas altamente sinuosos con carga suspensiva (cf. Gazzera y Spalletti, 1990). En el marco general de la sedimentación efímera invocada, depósitos similares han sido encontrados y atribuidos a canales solitarios que drenan la planicie de inundación terminal de los wadis (Tunbridge, 1981; Sneh, 1983; Clemmensen *et al.*, 1989).

En síntesis, la marcada vinculación vertical entre las asociaciones arenosa y areno-pelítica (figura 3), permite sugerir un área de transición o interacción de lóbulos arenosos y fangosos en un sistema fluvial efímero clásico, como los descritos por McKee *et al.* (1967) y Picard y High (1973).

La asociación conglomerádica representa a depósitos de corrientes entrelazadas efímeras, poco profundas y de tipo gravoso correspondientes a un sistema arquitectural de cabeceras del wadi (área canalizada superior) generado durante períodos con descargas significativas (pequeños pulsos progradantes).

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS REGISTROS DE POZO Y EL TESTIGO CORONA

El estudio comparativo entre los atributos litológicos y faciales del testigo corona y los perfiles registrados en el pozo C° F 21 (figuras 2 y 3) ha brindado singulares resultados. En primer lugar, sobre la base de la información de Rayos Gamma y de porosidad (Densidad), se ha logrado la exacta ubicación del testigo corona en profundidad. En este sentido, el ajuste por el registro de porosidad se logró en virtud de su excelente correlación con los valores de porosidad de corona. Por su parte, el perfil de Rayos Gamma permitió corroborar dicha correlación al resultar sensible en la discriminación grosera entre intervalos de grano fino y grueso (areniscas y conglomerados), aunque en los tramos heterolíticos tuvo comportamiento errático (figura 2).

El perfil de Densidad estuvo muy influenciado por el caliper (figuras 2 y 3). No obstante, muestra buena correlación con la porosidad y la permeabilidad de la corona, brindando una adecuada medición de la porosidad del tramo analizado. En cuanto a la curva de SP (figuras 2 y 3) debe señalarse que no se obtuvo una buena respuesta en relación a atributos litológicos y fluidos de la sección por falta de contraste de salinidad al emplearse barros salados en la inyección; con todo, ha manifestado apreciable grado de ajuste con la permeabilidad de la corona.

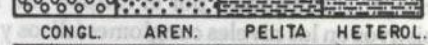
En lo que hace a la vinculación entre perfiles y litología, particularmente granulometría de las sedimentitas, los

Figura 2: Representación columnar del testigo corona con las facies sedimentarias, las asociaciones de facies, los diversos registros de pozo y la correspondiente imagen CBIL.

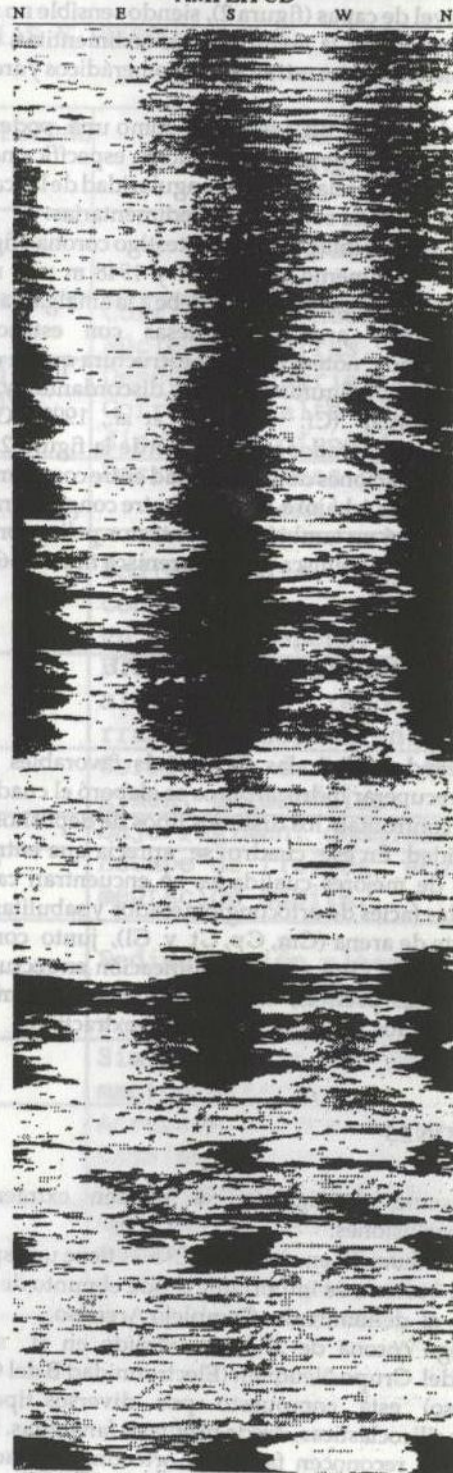
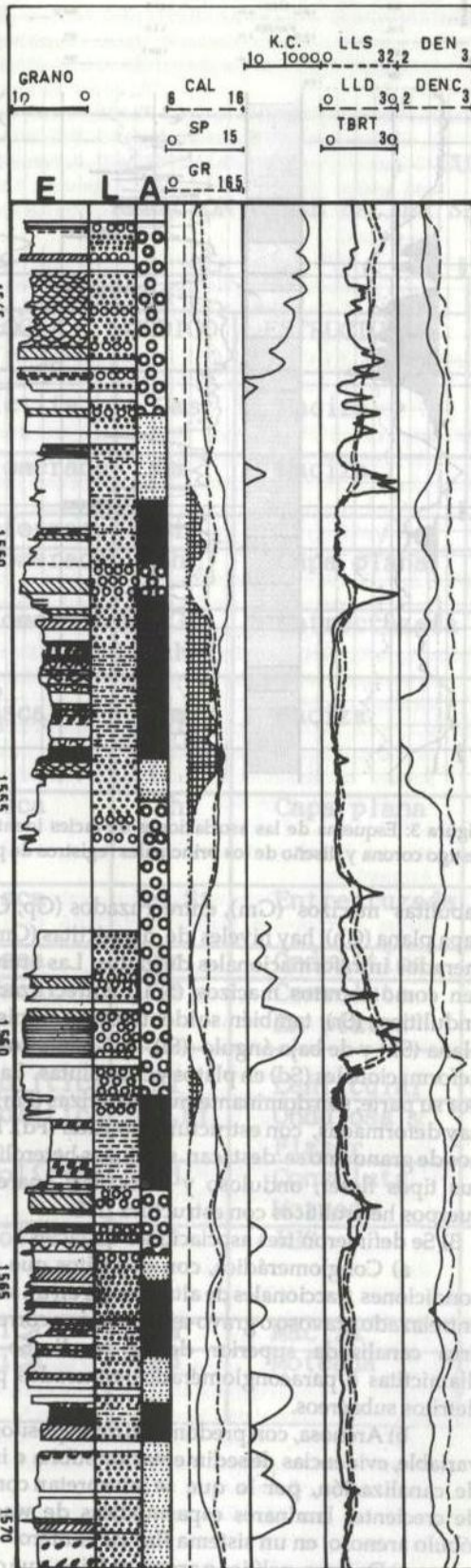
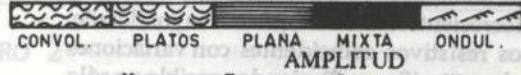
A: Asociaciones



L: Litología



E: Estructuras



registros más apropiados han sido los resistivos (figuras 2 y 3), en especial el Doble Lateroperfil (DLL) y el de Resistividad de Capas Delgadas (TBRT), dado que el Micro Lateroperfil (MLL) resultó influenciado por el caliper. El DLL exhibe altos resistivos en los niveles conglomerádicos y bajos en las rocas finas (figura 2); además, tal como se aprecia en la figura 3, permitió definir secuencias resistivo (grano) crecientes y resistivo (grano) decrecientes. El TBRT, por su mayor detalle, manifiesta cambios resistivos coincidentes con variaciones litológicas a nivel de capas (figura 2), siendo sensible no sólo a cambios marcados en la textura de las sedimentitas, sino aún a las transiciones entre estratos conglomerádicos y arenosos.

La imagen de pozo (CBIL) se reveló como una poderosa herramienta en la diferenciación de facies, específicamente en la determinación de relaciones de angularidad de las capas y en la identificación de estructuras sedimentarias.

Así, al comparar las imágenes con el testigo corona (figura 2), se aprecia claramente entre 1944 y 1948 m una muy peculiar textura en el registro, que se debe a la amalgamación de conglomerados y areniscas gruesas con estructura interna entrecruzada; nótese que esta estructura queda definida en el CBIL por figuras abiertas, discordantes y con geometría sinusoidal (Cf. Spalletti *et al.*, 1992). Otros aspectos que están ilustrados en la imagen de la figura 2 son, por ejemplo, las relaciones de angularidad entre conglomerados (arriba) y pelitas (abajo) a 1561 m y entre conglomerados y areniscas a 1564,6 m; también los contactos pelita-conglomerado a 1563,2 m y arenisca gruesa-arenisca fina a 1565 m.

FACIES SEDIMENTARIAS Y POTENCIAL PETROLERO

Con el objeto de definir las facies más favorables para acumular y recuperar hidrocarburos se elaboró el cuadro 2, en el que se confrontan los distintos tipos de depósitos con la permeabilidad. En ese cuadro se aprecia que entre las sedimentitas de mejores cualidades se encuentran casi la totalidad de las facies de ortoconglomerados y sabulitas con matriz soporte de arena (Gm, Gp, Gt y Gl), junto con las psámíticas macizas (Sm) y con estratificación entrecruzada (Sp, St). Entre las psefitas, tanto las diamictitas como los intraconglomerados tienen bajo potencial extractivo.

CONCLUSIONES

De la presente investigación se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1) El Grupo Neuquén en el sondeo C²F 21 tiene un espesor de 700 m. El sector más importante desde el punto de vista petrolero es el denominado Complejo Arenoso.

2) El testigo corona de 27,5 m, extraído en el sector productivo del Grupo Neuquén (Electruidad B del Complejo Arenoso) está compuesto por diversos tipos de sedimentitas silicoclásticas, desde psefitas a fangolitas. Entre las primeras se reconocen facies de ortoconglomerados y

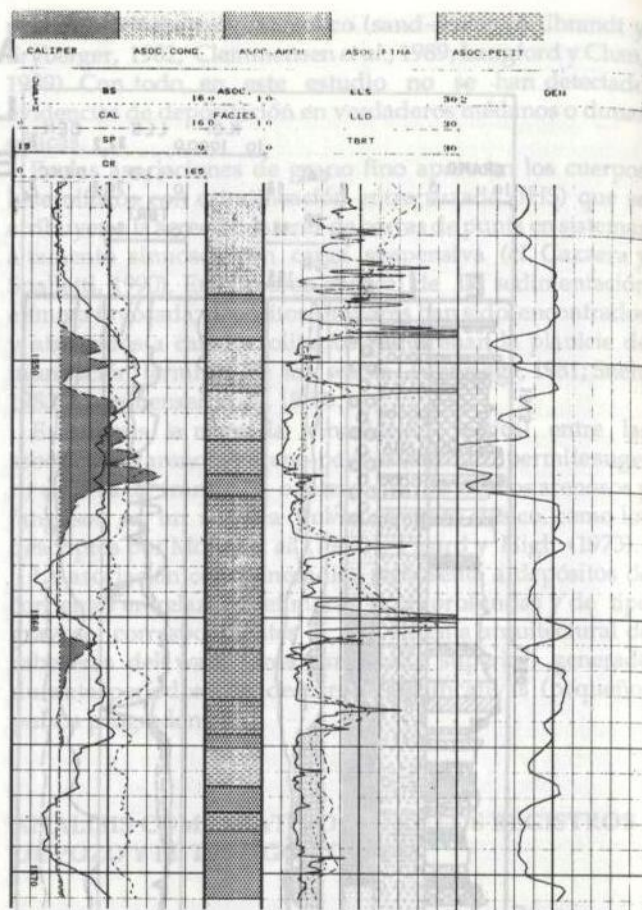


Figura 3: Esquema de las asociaciones de facies identificadas en el testigo corona y diseño de los principales registros de pozo.

sabulitas macizas (Gm), entrecruzados (Gp, Gt, Gl) y con capa plana (Gh); hay niveles de diamictitas (Gms) y conglomerados intraformacionales delgados. Las areniscas aparecen como estratos macizos (Sm), entrecruzados (Sp, St), ondulíticos (Sr); también se identificaron areniscas con capa plana (Sh) y de bajo ángulo (Sl), así como con estructuras deformacionales (Sd) en platos y convolutas. Las fangolitas, por su parte, son predominantemente macizas (Fm), aunque las hay deformadas, con estructura moteada (Fd). En los términos de grano fino se destacan secciones heterolíticas (H) con sus tipos flaser, ondulado y lenticular; aparecen también cuerpos heterolíticos con estructura IHS.

3) Se definieron tres asociaciones de facies:

a) Conglomerádica, con depósitos que se asignan a condiciones traccionales de alta energía en un sistema fluvial entrelazado gravoso o gravo-arenoso que correspondería al área canalizada superior de un wadi. Se les asocian diamictitas o paraconglomerados generados por flujos de detritos subaéreos.

b) Arenosa, con predominio de depósitos de régimen variable, evidencias de sedimentación súbita e inferible falta de canalización, por lo que se interpretan como resultado de crecientes laminares espasmódicas de wadi medio o lóbulo arenoso, en un sistema fluvial efímero.

c) De finos, pelítica o areno-pelítica, que corresponde

CUADRO 2
RELACION ENTRE FACIES SEDIMENTARIAS Y PERMEABILIDAD

FACIES			PERMEABILIDAD K (md)	ORIGEN Y TIPO DE DEPOSITOS
LITOLOGIA	CODIGO	ESTRUCTURAS		
Diamictita	Gms	Maciza	K<10	Flujos plásticos laminares
Conglomerado	Gm	Maciza	K>100	Corrientes concentradas Núcleo de barras.
Intraformac.	Gi		100>K>10	Desecación, agrietamiento
Conglomerado	Gh	Capa plana	100>K>10	Corrientes alto régimen discreta profundidad.
Conglomerado	Gp, Gt Gl	Entrecruzada	K>100	Barras gravosas bi y tri dimensionales.
Arenisca	Sm	Maciza	K>100	Sedim. súbita, flujos concentrados, laminares en parte suspensivos.
Arenisca	Sh	Capa plana	K<10	Flujos no canalizados, alta energía, techo bar- rras o desbordamientos.
Arenisca	Sp, St	Entrecruzada	K>100	Corrientes de bajo ré- gimen, megaóndulas.
Arenisca	Sr	Ondulítica	K<10	Bajo régimen, óndulas
Arenisca	Sd	Convoluta En platos	100>K>10	Escape de fluidos, sedi- mentación súbita.
Heterolítica	Hl	Lenticular	K10	Sedimentación alternan- te de carga traccional y suspensiva.
Heterolítica	Ho, Hf	Ondulosa y Flaser	100>k>10	
Heterolítica	Hd	Convoluta Moteada	K<10 100>K>10	Similar, pero con defor- mación ulterior.
Heterolítica	H	IHS	K<10	Acreción lateral barras canales sinuosos de car- ga suspensiva dominante.
Pelítica	Fm	Maciza	K<10	Agradación desde suspen- siones ácuas, barreales o charcos no permanentes
Pelítica	Fd	Moteada	K<10	

ría a ambiente de lóbulo distal del sistema efímero, en el que habrían actuado crecientes no confinadas sucesivas con alternancia de procesos traccionales y suspensivos.

4) Por comparación entre atributos litológicos y los registros de Rayos Gamma y Porosidad se logró la ubicación exacta del testigo corona en profundidad. Rayos Gamma sólo permitió una discriminación grosera entre sedimentitas de textura gruesa y fina.

5) El perfil de Densidad tuvo buena correlación con los valores de porosidad de la corona, mientras que el SP mostró apreciable ajuste con los datos de permeabilidad.

6) Los perfiles más aptos para la discriminación litológica y de facies fueron los resistivos (Doble Lateroperfil y Resistividad de Capas Delgadas). El primero permitió hacer discriminaciones a nivel de asociaciones de facies y establecer secuencias sedimentarias positivas y negativas. El segundo resultó sensible a cambios litológicos sutiles, a nivel de capas, por lo que permitió discriminar aún entre estratos conglomerádicos y arenosos.

7) La imagen de pozo CBIL mostró las relaciones de angularidad entre capas.

Por la textura y geometría de los registros se definió la presencia de estructuras y ritmos sedimentarios, tales como capas entrecruzadas y secciones heterolíticas.

8) Las vinculaciones encontradas entre rasgos litológicos y faciales del testigo corona y los registros de pozo permiten utilizar a estos últimos (especialmente perfiles resistivos y de imagen acústica) en la inferencia de los atributos depositacionales y petrofísicos de otras secciones no coroneadas del Grupo Neuquén, tanto en el mismo sondeo como en otros ya realizados o a programar en el área del yacimiento.

9) Estudios como el presente son recomendables para ampliar las áreas de aprovechamiento de los reservorios, sobre la base del mapeo de las asociaciones de facies más aptas para la extracción de hidrocarburos. Asimismo brindan información de base esencial en el desarrollo de programas de recuperación asistida en reservorios silicoclásticos de alta complejidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Luis B. Cazau la revisión crítica efectuada al manuscrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AHLBRANDT, T. y S. FRYBERGER, 1982. Introduction to eolian deposits. En: Scholle, P.A. y D. Spearing (Eds.) Sandstone Depositional Environments, American Association of Petroleum Geologists. Special Publication: 11-47. Tulsa.
- CLEMMENSEN, L.B., H. OLSEN y R.C. BLAKEY, 1989. Erg-margin deposits in the Lower Jurassic Moenave Formation and Wingate Sandstone, southern Utah. Geological Society of America Bulletin 101: 759-773.
- COLLINS, J.D., 1986. Alluvial sediments. En: Reading, H. (Ed.) Sedimentary Environments and Facies: 20-62. Blackwell, Oxford.
- COLLINS, J.D. y D.B. THOMPSON, 1982. Sedimentary structures, pp. 194. Allen & Unwin, London.
- GAZZERA, C.E. y L.A. SPALLETTI, 1990. Modelo desedimentación arenosa y fangosa en canales fluviales: Grupo Neuquén inferior, Cretácico, Argentina occidental. Revista Geológica de Chile 17: 131-151.
- LANGFORD, R. y M. CHAN, 1989. Fluvial-aeolian-interactions: Part II, ancient systems. Sedimentology 36: 1937-1052.
- LIMARINO, C.O. y L.A. SPALLETTI, 1991. A Permian paleoclimatic arid phase in west and northeast Argentina. 12th International Congress of Carboniferous and Permian Stratigraphy and Geology (en prensa).
- LOWE, D.R., 1979. Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 27: 75-82.
- MCKEE E.D., E.J. CROSBY y H.L. BERRYHILL, 1967. Flood deposits, Bijou Creek, Colorado, June 1965. Journal of Sedimentary Petrology 37: 829-851.
- MIALL, A.D., 1977. A review of the braided-river depositional environment. Earth Science Review, 13: 1-62.
- MIALL, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En: Miall, A.D. (Ed.) Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists. Memoir 5: 597-604. Calgary.
- MIALL, A.D., 1981. Alluvial sedimentary basins: tectonic setting and basin architecture. En Sedimentation and Tectonics in Alluvial Basins: Geological Association Canada, Special Paper: 1-33.
- MIALL, A.D., 1984. Variations in fluvial style in the Lower Cenozoic synorogenic sediments of the Canadian Arctic Islands. Sedimentary Geology 38: 261-308.
- MIALL, A.D., 1985. Multiple-channel bedload rivers. En Recognition of Fluvial Depositional Systems and their Resource Potential. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Short Course 19, Ch. 4: 83-100.
- PICARD, M.D. y L.R. HIGH., 1973. Sedimentary structures of ephemeral streams. Developments in Sedimentology 17, 223 pp. Elsevier, Amsterdam.
- POLANSKI, J., 1966. Flujos rápidos de escombros rocosos en zonas áridas y volcánicas. Manuales EUDEBA, Geol. 67 pp. Buenos Aires.
- RUST, B.R., 1978. Depositional models for braided alluvium. En Miall, A.D. (Ed.) Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists. Memoir 5: 605-625. Calgary.
- SMITH, D., 1987. Meandering point bar lithofacies models: modern and ancient compared. En: Ethridge, F.G., R.M. Flores y M.D. Harvey (Eds.) Recent Developments in Fluvial Sedimentology. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication 39: 83-92.
- SNEH, A., 1983. Desert stream sequences in the Sinai Peninsula. Journal of Sedimentary Petrology 53: 1271-1279.
- SOUTHARD, J.B. y L.A. BOGUCHWAL, 1990. Bed configurations in steady unidirectional water flows. Part 2: synthesis of flume data. Journal of Sedimentary Petrology 60: 658-679.
- SPALLETTI, L.A., 1972. Sedimentología de los cenoglomerados de Volcán, provincia de Jujuy. Revista Museo La Plata, Nueva Serie, Geología VIII: 137-225.
- SPALLETTI, L.A., 1979. Paleoambientes de sedimentación de la Formación Patquía (Pérmico) en la Sierra de Maz, La Rioja. Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 53, 1-2: 167-202.
- SPALLETTI, L.A., 1980. Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclásticas. Asociación Geológica Argentina, Serie B, 8, 175 pp. Buenos Aires.
- SPALLETTI, L.A., 1987. Nociones sobre transporte y deposición de sedimentos clásticos. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata, Serie Técnica y Didáctica 13, 102 pp.
- SPALLETTI, L.A., 1991. Guía para la descripción sedimentológica de

testigos corona sobre rocas silicoclásticas. Centro de Investigaciones Geológicas (inédito), 3 pp. La Plata.

SPALLETI, L.A., O. ARRONDO, E.M. MOREL y D. GANUZA, 1988. Los depósitos fluviales de la cuenca triásica superior en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico. Asociación Geológica Argentina Revista 43, 4: 544-557.

SPALLETI, L.A., H. VERDUR y L. STINCO, 1992. Metodología para la interpretación sedimentológica de imágenes de pozo (CBIL). IV Reunión Argentina de Sedimentología, Actas III: 17-24. La Plata.

THOMAS, R. G., D.G. SMITH, J. WOOD, J. VISSER, A. CALVERLEY-RANGE y E. KOSTER, 1987. Inclined heterolithic stratification -terminology, description, interpretation and significance. Sedimentary Geology 53: 123-179.

TILLMAN, R.W y K.J. WEBER (Eds.), 1987. Reservoir Sedimentology. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 40: 377 pp. Tulsa.

TUNBRIDGE, I.P., 1981. Sandy high-energy flood sedimentation - some criteria for recognition, with an example from the Devonian of S.W. England. Sedimentary Geology 28: 79-95.

VALENZIANO, H., 1991. Yacimiento Cerro Fortunoso. Estudio geológico y reservas. YPF Informe Inédito.



INTRODUCCION

Antecedentes: En la zona de estudio se halla un yacimiento petrolero de tipo arenoso, con una extensión superficial de 1000 hectáreas, que se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico. El yacimiento está formado por una sucesión de rocas silicoclásticas, que se depositaron en un ambiente fluvial. La litología principal es arena, con intercalaciones de limo y arcilla. La espesor total de la sucesión es de 100 metros. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera.

Ante este hallazgo se perfura el pozo YPF Md N LAs-1 con profundidades de 1000 m. En la sección superior, Medio y la sección alta del yacimiento, se observan rocas silicoclásticas, que se depositaron en un ambiente fluvial. La litología principal es arena, con intercalaciones de limo y arcilla. La espesor total de la sucesión es de 100 metros. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera.

Simultáneamente se prosigue con la delimitación del yacimiento, perforando los pozos YPF Md N LAs-2 y YPF Md N LAs-3. En los sectores norte y sur respectivamente de la zona de estudio, se observan rocas silicoclásticas, que se depositaron en un ambiente fluvial. La litología principal es arena, con intercalaciones de limo y arcilla. La espesor total de la sucesión es de 100 metros. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera.

ESTRATIGRAFIA: La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera. La zona de estudio se encuentra en el sector noroeste del Macizo Norpatagónico, que es una zona de gran importancia geológica y petrolera.