

TRAYecto 12

ANÁLISIS SECUENCIAL PARA EL TERCIARIO INFERIOR DE CUENCA AUSTRAL MEDIANTE ESTUDIOS SISMOESTRATIGRAFICOS

Ricardo Calegari-Jorge Baldi

YPF S.A. - División Exploración

Fray Luis Beltrán 450, Bo. Gral. Mosconi, (9005) Comodoro Rivadavia.

Estadística con 673
UBICACION

ABSTRACT. The objective of the present paper was to make a sequential analysis of the tertiary sedimentary column in the central-western sector of the Austral basin, that may allow to predict in time and space the location of reservoir rocks, for their further evaluation through exploratory projects.

The seismostratigraphic modelling allowed the recognition of four depositional sequences named A, B, C, and D, which developed over an ample platform with a low gradient after the regional unconformity that marks the Cretaceous Tertiary boundary.

INTRODUCCION

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis secuencial de la columna sedimentaria de edad terciaria en el sector centro-oeste de Cuenca Austral, que permitiera predecir la ubicación temporo-espacial de las rocas reservorio, para su posterior evaluación mediante proyectos exploratorios.

El mismo forma parte de un estudio interdisciplinario más amplio. (Calegari R., et al., 1991)

El modelado sismoestratigráfico posibilitó reconocer cuatro secuencias deposicionales desarrolladas sobre una amplia plataforma de suave pendiente, a partir de la discordancia regional que marca el límite Cretácico-Terciario.

En la secuencia A (inferior), es posible reconocer un cortejo sedimentario de nivel bajo representado por depósitos de tipo turbidíticos generados a partir de frentes deltaicos y un cortejo sedimentario de nivel alto, producto de un lento ascenso relativo del nivel del mar, conformado por facies de frente y de llanura deltaica afectados por una importante acción de mareas.

La génesis de la secuencia B está relacionada a pequeños pulsos de ascenso relativo del nivel del mar que imprimen a los sets de parasecuencias un carácter netamente progradacional presentando importantes niveles areniscosos.

La secuencia C se desarrolla a partir de un descenso relativo del nivel del mar seguido de un rápido ascenso, permaneciendo luego estable (still stand), mientras se depositan en forma progradacional los sedimentos del cortejo sedimentario de nivel alto, producto de una mayor tasa de sedimentación.

Por último, a partir de una importante discordancia regional se desarrolla la secuencia D, la que marca un cambio en el medio de sedimentación, el que evoluciona a condiciones más oxidantes en su cortejo sedimentario de nivel bajo y culmina con un cortejo sedimentario de nivel alto caracteriza-

do por la presencia de bancos carbonosos en facies de ambiente parálico.

Su tramo superior se encuentra truncado por la discordancia regional producto de la ingresión marina desde el Atlántico, que da origen a los depósitos areniscosos del Patagónico.

Marco Geológico de la Cuenca

La Cuenca Austral o Magallanes está ubicada en el sector sudoccidental de la Placa Sudamericana (Fig. 1a).

A través de su historia geológica, distintos eventos marcaron y condicionaron su cuadro evolutivo, siendo los más significativos los vinculados a su apertura y cierre. (Biddle K., et al., 1987; Ramos V., 1989).

El relleno sedimentario está relacionado a tres etapas:

a- Rift: Depositación de rocas volcanoclásticas y volcánicas no marinas que rellenan grabens y hemigrabens aislados durante la sucesión Triásico-Jurásico Superior. (Dalziel I., 1974).

Estos niveles son identificados en la zona de estudio como Serie Tobífera.

b- Arco marginal remanente hasta post-rift: Entre el Jurásico Superior y el Albiano-Cenomaniano se depositan secuencias sedimentarias de carácter retrogradacional hasta agradacional (Arbe H., 1987), en una cuenca con subsidencia pasiva y escaso aporte sedimentario (F. Springhill y F. Río Mayer). Durante el Cretácico Superior se produce la sedimentación de clásticos principalmente finos de ambiente marino (F. Palermo Aike-F. Lago San Martín) con intercalaciones de cuerpos psamíticos equivalentes a depósitos turbidíticos de la F. Cerro Toro (Viera A., J. Erlicher, 1991).

c- Cuenca de antepaís: Desarrollada en el frente oriental producto de la tectónica compresiva. Dicho evento queda evidenciado por la discordancia regional que separa las sedimentitas del Paleoceno, de las mesozoicas (K/Tc).

Las secuencias analizadas en este trabajo se desarrollan por encima de dicha discordancia, hasta el Oligoceno Inferior a Medio (techo secuencia D).

Relaciones Estratigráficas

Las unidades litoestratigráficas involucradas en el presente trabajo son:

F. Palermo Aike y F. Magallanes. (Fig. 2)

En la primera de ellas sólo su tramo superior está contenido en la secuencia A y representa al cortejo sedimentario de nivel bajo. Litológicamente está conformada por pelitas grises y areniscas gris blanquecino.

La F. Magallanes está integrada por dos miembros:

Miembro Inferior: constituido por areniscas gris claro y verde, de clastos medianos y finos, cuarzo-líticos con participación saltuaria de glauconita y arcilitas castaño claro y verdoso con inclusiones carbonosas. La sección superior remata con niveles psamíticos de granulometría variada y matriz arcillosa. En este miembro se han reconocido las secuencias A (cortejo sedimentario de nivel alto), B y C.

Miembro Superior: su sección inferior está conformada por arcilitas gris verdoso y castaño oscuro con abundante participación carbonosa y mantos de carbón. Su porción cuspidal está constituida por areniscas de color gris claro, de clastos finos y medianos, cuarzo-líticos con abundantes fragmentos de fósiles calcáreos (Piana H., *et al.*, 1991).

Estas sedimentitas son reconocidas con el nombre Patagoniano. La secuencia D está contenida en el tramo inferior y medio de este miembro.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo lo constituye la evaluación de proyectos exploratorios a través del modelado sísmo-estratigráfico.

Mediante la integración de la información de subsuelo aportada por los sondeos exploratorios y líneas sísmicas, se realizó un análisis secuencial de los depósitos del Terciario inferior que permitió definir cuatro secuencias depositacionales con resolución sísmica. En la mayoría de ellas, se reconocieron eventos de menor jerarquía que permiten estudiar y reconstruir en gran medida la evolución temporal y espacial de cada secuencia, y optimizar la localización de los reservorios con interés petrolero.

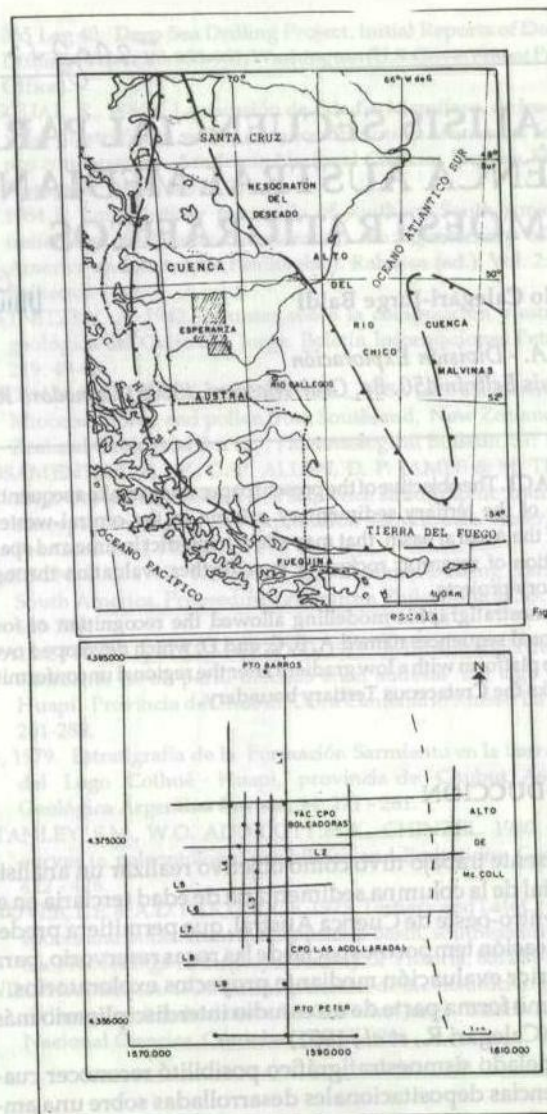
UBICACION

El presente estudio abarca parcialmente las áreas Destacamento y Esperanza de Cuenca Austral, ubicadas en el sector centro-meridional de la Provincia de Santa Cruz (Fig. 1a).

METODOLOGIA

Fueron analizados datos de subsuelo provenientes de pozos exploratorios (perfiles eléctricos, radioactivos, sísmicos y de buzamientos), descripciones de testigos coronas y recortes de terreno. Además se dispuso de información sísmica correspondiente a diversos programas registrados por YPF S.A. (Fig. 1b).

Este cúmulo de información fue interpretada a través de estaciones de trabajo sísmico-geológicas, lo cual facilitó el



análisis de electrofacies, ejemplificada para la zona Campo Boleadoras (Fig. 3).

La similitud en la respuesta de los formatos eléctricos permite realizar correlaciones litoestratigráficas a grandes distancias (Fig. 4a), las cuales pueden resultar diacrónicas. En Campo Boleadoras, es posible encontrar las variaciones laterales de las facies que conforman los reservorios mineralizados dado que se dispone de mayor densidad de datos, permitiendo su delimitación con mayor precisión (Fig. 4b). Estos depósitos sedimentarios tienen extensión reducida y son producto de repeticiones del sistema depositacional. El seguimiento de los distintos límites secuenciales y geometrías internas fue resuelto con la utilización de atributos sísmicos, ajustados al dato geológico mediante pruebas de velocidad y perfiles de pozo. (Van Wagoner, J., *et al.*, 1987 y 1990)

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO

A partir de toda la información disponible se lograron

reconocer cuatro secuencias depositacionales, las cuales han sido denominadas en el presente trabajo como SD A, SDB, SD C y SD D.

Sus límites y geometrías internas fueron identificados en los perfiles de pozos, calibrados puntualmente con testigos coronas e imágenes microeléctricas de formación y trasladados a las secciones sísmicas para su interpretación.

Secuencia depositacional A: (SD A)

Su límite basal lo constituye una discordancia regional asumida como Cretácico-Terciario (K/Tc), sobre la que se observan terminaciones en downlap, mientras que en su límite superior los reflectores hacen top lap o se hallan truncados por erosión. Tal truncación puede observarse en la zona de Puesto Barros donde se identifica la geometría de un relleno de valle rejuvenecido (incised valley fill- IVF) por sobre la discordancia. (Fig. 5)

En base a su configuración interna fue posible distinguir al menos dos sets de parasecuencias. El inferior está constituido por clinoformas sigmoidales tendidas, atribuidas a depósitos de tipo turbidíticos, desarrollados a partir de deslizamientos de frentes deltaicos, cuya generación está vinculada a un descenso relativo del nivel del mar, responsable de la depositación del cortejo sedimentario de nivel bajo (Lowstand Systems Tract-LST). La paleopendiente sobre la cual suprayace es de bajo gradiente y buza al sur (Fig. 6).

En los pozos más australes del área, se reconoce el cortejo sedimentario transgresivo (Transgressive Systems Tract-TST), el que se resuelve en facies de clásticos finos (Fig. 7).

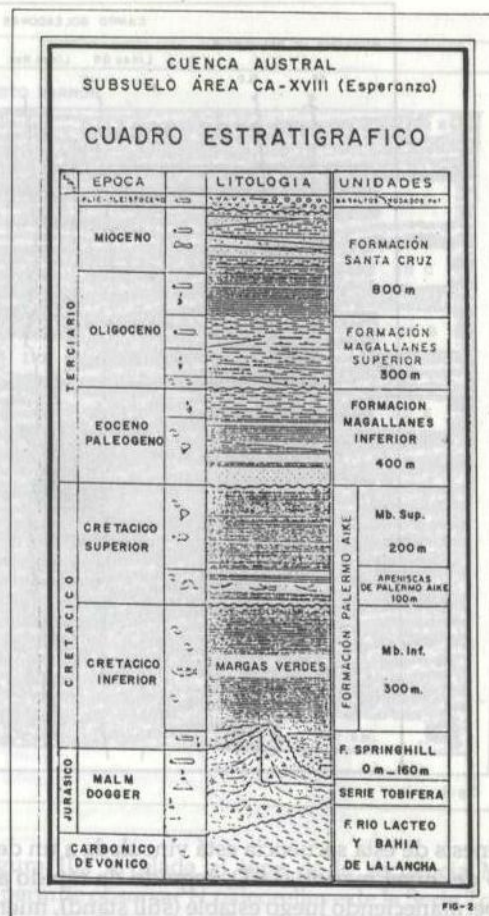
El set superior está conformado por reflectores subhorizontales paralelos, expresión de depósitos de areniscas que podrían corresponder a facies de un frente deltaico dominado por mareas, siendo el producto de un lento ascenso relativo del nivel del mar (Highstand Systems Tract-HST).

La secuencia presenta el mejor desarrollo de sus facies proximales en Campo Boleadoras, teniendo su área de aporte al norte.

Secuencia depositacional B: (SD B)

Su límite superior está definido por una discordancia que separa reflectores paralelos y subhorizontales, de terminaciones en downlap correspondientes a la sección inferior de la secuencia suprayacente (Fig. 6). Su génesis está relacionada a pequeños pulsos de ascenso relativo del nivel del mar que imprimen a los sets de parasecuencias un carácter netamente agradacional.

Mediante el análisis de perfiles de buzamiento y testigos coronas se pueden diferenciar dos arreglos secuenciales, con sus correspondientes cortejos sedimentarios de nivel bajo (LST) más transgresivo (TST) y de nivel alto (HST), evidenciados por respectivas geometrías progradacionales. El solapamiento lateral de las agradaciones se resuelve como empotramiento costero (Cramez C. y P. Vail, 1990) el que se manifiesta en la sección sísmica de la Figura 8.



En el sector sur del área de estudio la sección cuspidal se encuentra truncada por facies canalizadas pertenecientes a la secuencia C (Fig. 7).

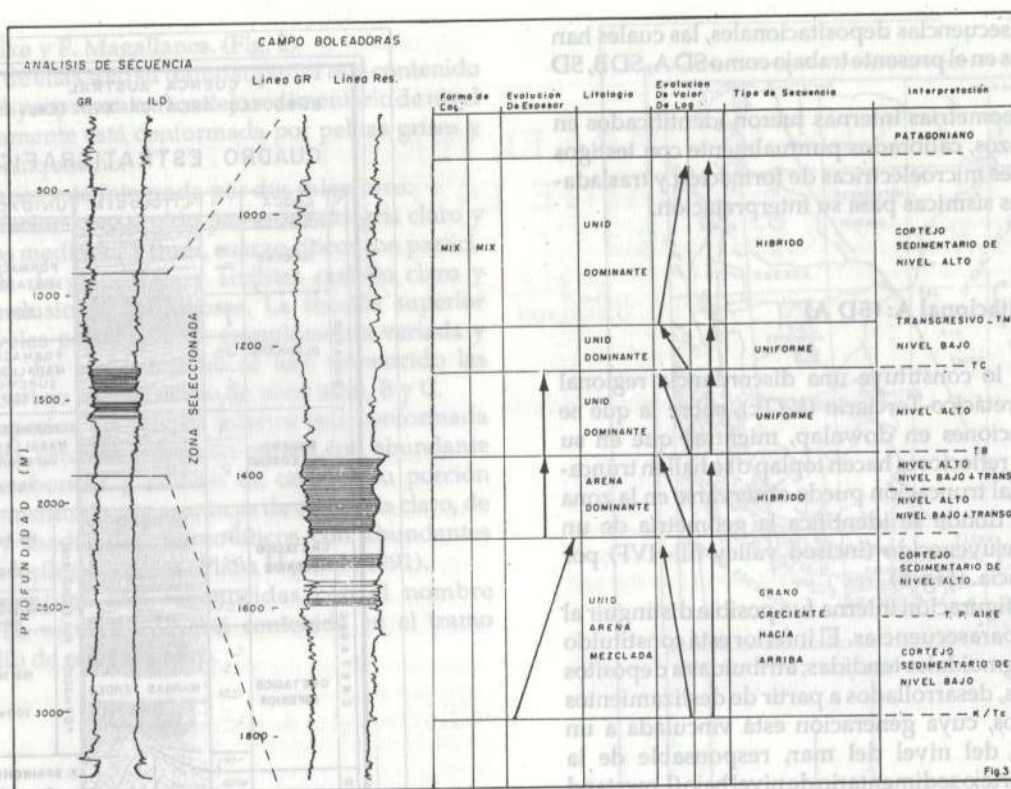
Secuencia depositacional C: (SD C)

El límite superior está definido por terminaciones en top lap, mientras que el inferior muestra configuraciones en downlap. La geometría interna denota clinoformas sigmoidales a oblicuas. (Fig. 6).

El cortejo sedimentario de nivel alto (HST), es reconocido en la totalidad de los sondeos y se halla conformado por sedimentitas clásticas limo-arcillosas que en el techo gradan a niveles arenosos, en gran medida truncados por la discordancia de orden mayor registrada en el tope de esta secuencia.

Dentro de este cortejo se observan dos reflectores bien definidos con pendientes máximas de unos 5 grados truncando configuraciones paralelas y horizontales provenientes del norte. Estas geometrías son el resultado de procesos de deslizamientos observándose en las secciones sísmicas una gradual atenuación de estos rasgos y migración hacia el noroeste (Fig. 9).

Del análisis regional de todos estos datos surge que el área de aporte de este cortejo estaría ubicada hacia el este, en el denominado alto de Mc. Coll. (Fig. 1b y 8).



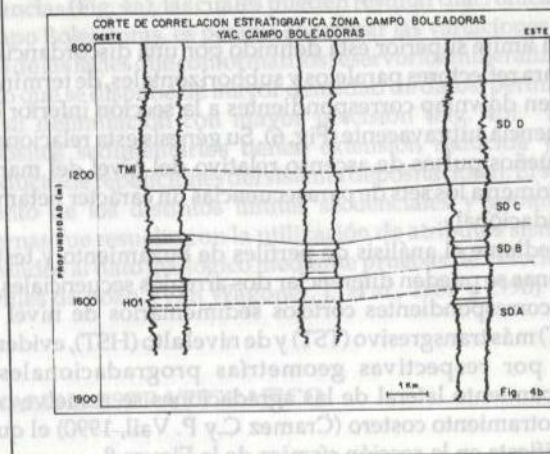
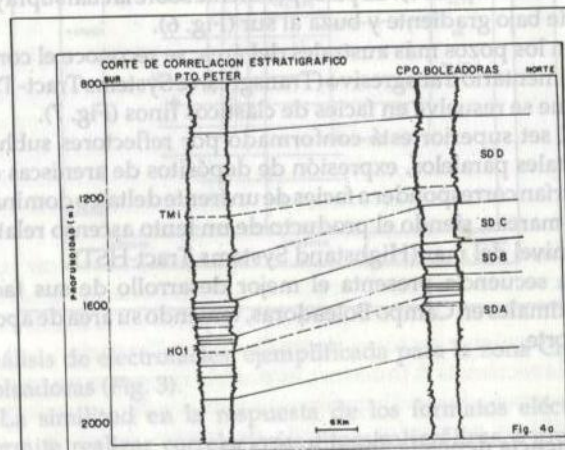
La génesis de esta secuencia está vinculada a un descenso relativo del nivel marino (LST), seguido de rápido ascenso (TST), permaneciendo luego estable (still stand), mientras se desarrollan en forma progradacional los sedimentos de nivel alto (HST), producto de una mayor tasa de sedimentación.

En uno de los sondeos analizados se reconocen en la base de esta secuencia depósitos psamíticos interpretados como cortejo sedimentario de nivel bajo (LST) más transgresivo (TST), que evolucionan sobre la discordancia infrayacente rellenando valles rejuvenecidos (IVF), como se observa en la figura 8. La continuidad de este último es seguida mediante perfiles de pozo hasta la zona Campo Las Acollaradas.

Secuencia depositacional D: (SD D)

Su límite inferior está constituido por una discordancia de orden menor, fácilmente reconocible en el sector sur, perdiendo importancia hacia la zona de Puesto Barros (Figuras 5 y 7).

El límite superior lo constituye una discordancia regional sobre la que se depositan cuerpos sedimentarios arenosos de origen marino (Patagoniano), de geometría clinoforme, cuyas terminaciones en downlap yacen sobre los depósitos cuasicontinentales de esta secuencia. Las configuraciones sísmicas son subhorizontales y subparalelas con engrosamiento y generación de reflectores hacia el sur. En su tercio inferior la calidad del registro sísmico disminuye debido a la composición netamente arenosa de los sets de parasecuencias, originados por una abrupta caída relativa del nivel marino (LST).



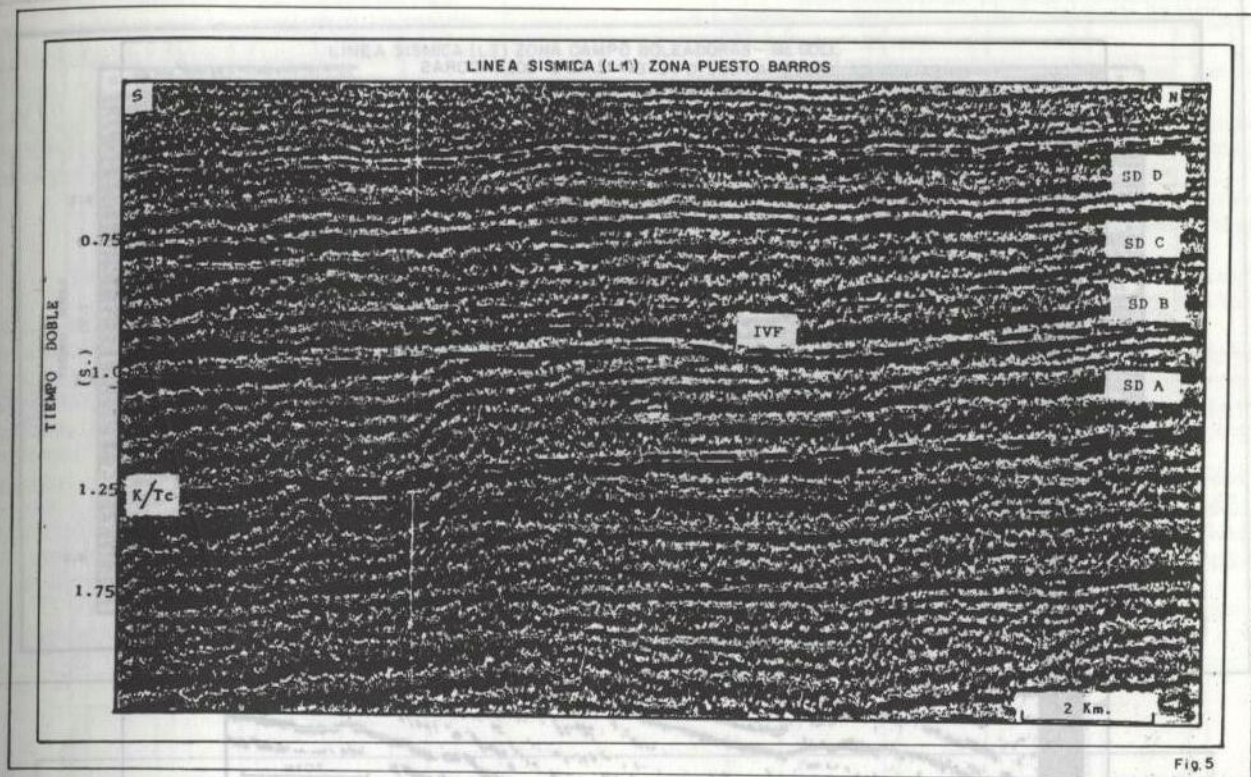


Fig. 5

La discordancia basal se reconoce en todos los sondeos analizados mediante perfiles radioactivos, caracterizada por una marcada disminución en los valores de potasio, torio y uranio. Estas características indican un importante cambio en el medio de sedimentación, el que evoluciona a condiciones más oxidantes con menor participación de limos y de arcillitas ricas en illita.

El cortejo sedimentario arenoso de nivel bajo (LST) presenta su mejor desarrollo desde Campo Boleadoras hacia el sur, con espesores variables entre 30 metros en la sector norte hasta 150 metros en el punto de control meridional. Hacia el norte de Campo Boleadoras estos niveles pierden expresión, no documentándose su presencia en la zona de Puesto Barros. (Fig. 7).

El cortejo sedimentario transgresivo se identificó como una cuña delgada, cuyo mayor desarrollo se encuentra al sur donde se manifiesta como el retrabajo del lowstand subyacente, culminando en un nivel arcilloso, expresión de la superficie de máxima inundación. Esta superficie se reconoce en los perfiles de pozo por un aumento del contenido de potasio y variaciones del factor fotoeléctrico, debido a la presencia de illita.

El cortejo de nivel alto presenta frecuentemente niveles carbonosos en facies de ambiente parálico.

CORTES EVOLUTIVOS

Mediante el estudio de líneas sísmicas y confección de cortes evolutivos, se intentó reconstruir la configuración estructural actual del área analizada.

La figura 10a nivelada al tope de la secuencia Margas Verdes permite observar el paleorelieve de la Serie Tobífera. El mismo se resuelve como horst y grabens, limitados por fallas profundas asociadas a la distensión de la corteza, producto de la subsidencia térmica ocurrida durante el período inicial de apertura de cuenca. (Erlicher J., M. Miller, 1990.; Pioli O., 1992).

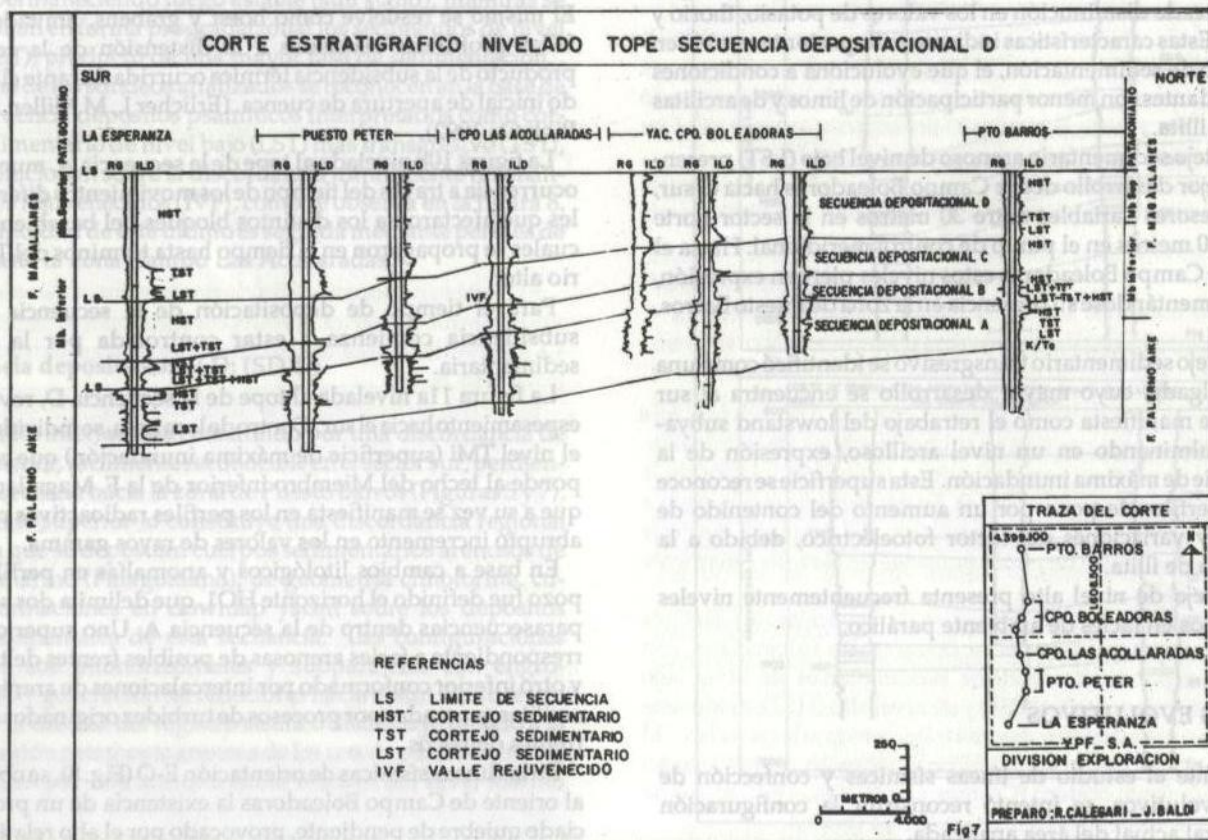
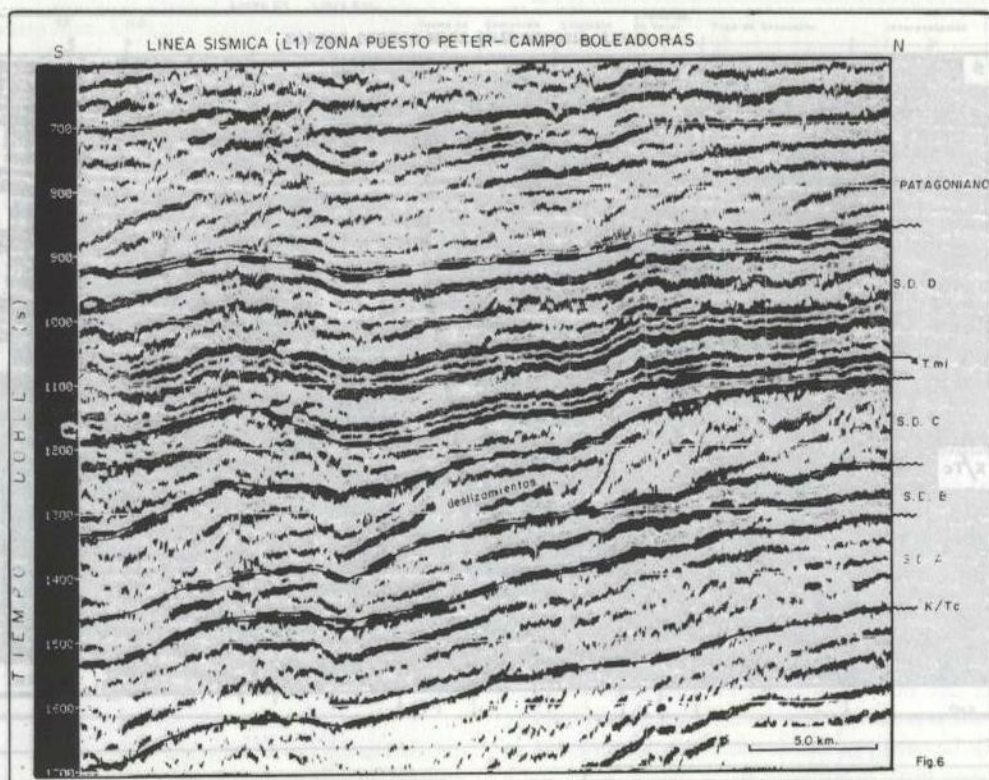
La figura 10b nivelada al tope de la secuencia A, muestra la ocurrencia a través del tiempo de los movimientos diferenciales que afectaron a los distintos bloques del basamento, los cuales se propagaron en el tiempo hasta términos del Terciario alto.

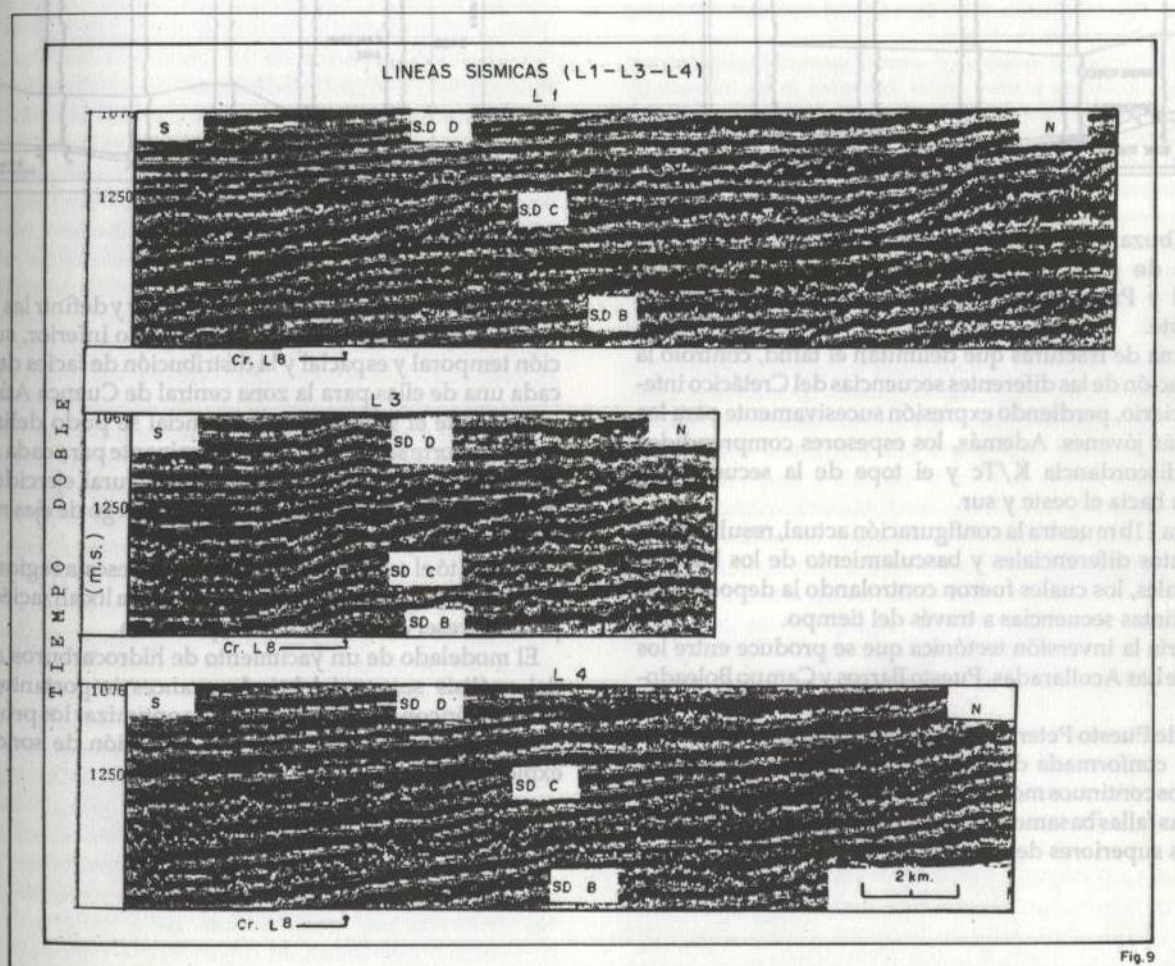
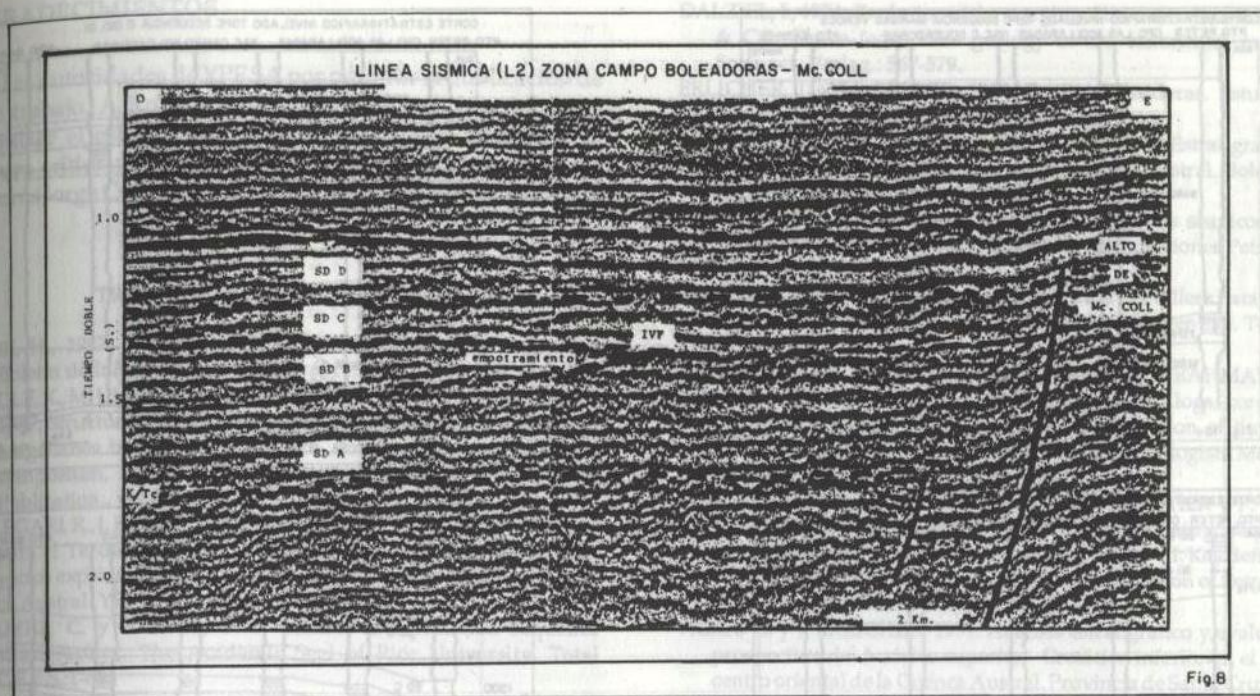
Para el tiempo de depositación de la secuencia A, la subsidencia comienza a estar controlada por la carga sedimentaria.

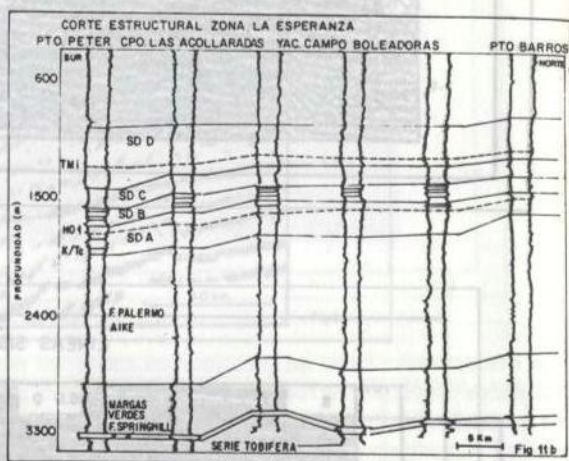
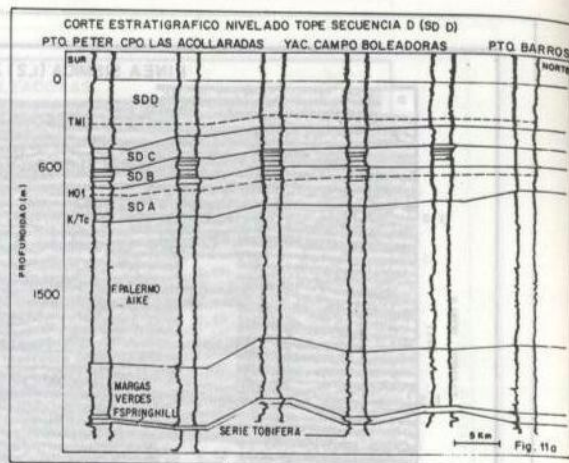
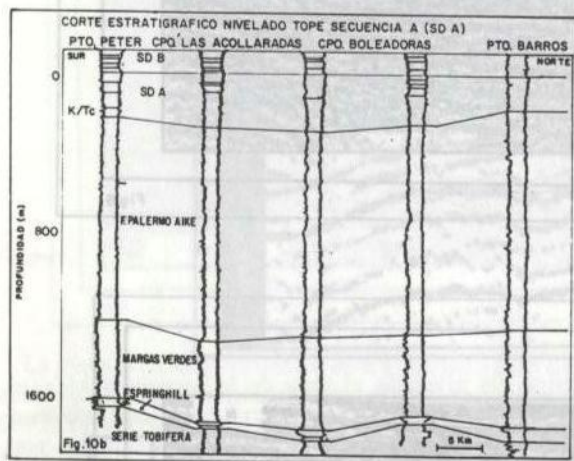
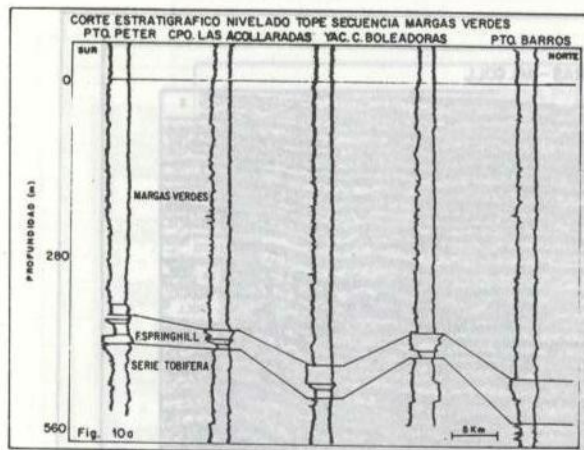
La figura 11a nivelada al tope de la secuencia D, revela su espesamiento hacia el sur. Dentro de la misma, se individualizó el nivel TMi (superficie de máxima inundación) que corresponde al techo del Miembro inferior de la F. Magallanes, el que a su vez se manifiesta en los perfiles radioactivos por un abrupto incremento en los valores de rayos gamma.

En base a cambios litológicos y anomalías en perfiles de pozo fue definido el horizonte HO1, que delimita dos sets de parasecuencias dentro de la secuencia A. Uno superior, correspondiente a facies arenosas de posibles frentes deltaicos, y otro inferior conformado por intercalaciones de areniscas y arcillitas generadas por procesos de turbidez originados en los frentes deltaicos.

En las líneas sísmicas de orientación E-O (Fig. 8), se observa al oriente de Campo Boleadoras la existencia de un pronunciado quiebre de pendiente, provocado por el alto relativo de







Mc. Coll (buzante al Sur). El mismo representa el límite del ambiente de plataforma somera para las Formaciones Springhill y Palermo Aike, cuyo desarrollo se manifiesta hacia el este.

El sistema de fracturas que delimitan el talud, controló la sedimentación de las diferentes secuencias del Cretácico inferior y Terciario, perdiendo expresión sucesivamente para los niveles más jóvenes. Además, los espesores comprendidos entre la discordancia K/Tc y el tope de la secuencia D aumentan hacia el oeste y sur.

La figura 11b muestra la configuración actual, resultante de movimientos diferenciales y basculamiento de los bloques basamentales, los cuales fueron controlando la depositación de las distintas secuencias a través del tiempo.

Es notoria la inversión tectónica que se produce entre los bloques de Las Acollaradas, Puesto Barros y Campo Boleadoras.

El área de Puesto Peter presenta una importante estructura anticlinal, conformada durante el Oligoceno superior, producto de los continuos movimientos de bloques y reactivación de antiguas fallas basamentales, cuyos efectos interesan hasta los niveles superiores de la secuencia D.

CONCLUSIONES

El presente informe permitió reconocer y definir las secuencias depositacionales dentro del Terciario Inferior, su ubicación temporal y espacial y la distribución de facies dentro de cada una de ellas para la zona central de Cuenca Austral.

Mediante el seguimiento secuencial se pudo delimitar el área de aporte sedimentario predominante para cada secuencia analizada y definir el control estructural ejercido por el movimiento diferencial de bloques a lo largo de ejes regionales reconocidos.

Posibilitó el seguimiento en subsuelo a escala regional de la F. Magallanes, la distribución de facies y la localización de los posibles reservorios con interés petrolero.

El modelado de un yacimiento de hidrocarburos a través del análisis secuencial brinda avances importantes en la correlación con áreas vecinas y logra optimizar los programas de desarrollo de yacimiento y la ubicación de sondeos de exploración.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades de YPF SA por permitir la publicación de este trabajo. A Roberto De Spirito y Ramón Martínez por impulsar el estudio del Terciario de Cuenca Austral y la lectura crítica del informe original. El reconocimiento a los señores Jorge Cerdán y Ricardo Viñes, jurados de este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ARBE, H., 1987. El Cretácico en la Cuenca Austral de Argentina. Boletín de Informaciones Petroleras N° 11: 91-110.
- BIDDLE, K., M. ULIANA, R. MITCHUM, M. FITZGERALD y R. WRIGHT, 1987. Structural and stratigraphic evolution in center and east of Magallanes basin, southern south America. In foreland basins symposium, International Association Sedimentology, Special Publication., vol 8: 41-61.
- CALEGARI, R., J. BALDI, O. PIOLI y W. ARIAS, 1991. Análisis secuencial para el Terciario inferior. Modelado sismoestratigráfico en proyectos exploratorios. Aplicación de estaciones de trabajo en Cuenca Austral. YPF SA., Informe inédito.
- CRAMEZ, C. y P. VAIL, 1990. Seismic interpretation sequence stratigraphic. The Academic Seal of Rice University. Total C.F.P.S.:1-62.
- DALZIEL, I., 1974. Evolution of the margins of the Scotia Sea. C.A. Burk & C.L. Drake (eds.). The geology of the continental margins. Springer. Verlag.: 567-579.
- ERLICHER, J. y M. MILLER, 1990. Campo Boleadoras. Estudio de Yacimientos. YPF SA. Informe inédito.
- PIANA, H., E. TRINCHERO y L. CHELOTTI, 1991. Estratigrafía del Terciario inferior en un sector de la Cuenca Austral. Boletín de Informaciones Petroleras N° 27: 30-47.
- PIOLI, O., 1992. Anomalías de amplitud y atributos sísmicos en el Terciario del área Esperanza. Boletín de Informaciones Petroleras N° 29: 40-51.
- RAMOS, V., 1989. La faja plegada y corrida de la Cordillera Patagónica Austral. Provincia de Santa Cruz. República Argentina. Tomo 2: 951-969.
- VAN WAGONER, J., R. MITCHUM, K. CAMPION y V. RAHMANIAN, 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops. Concepts for high resolution correlation of time and facies. The American Association of Petroleum Geologists. Methods in exploration Series. N° 7: 1-55. Tulsa.
- VAN WAGONER, J., R. MITCHUM, H. POSAMENTIER y P. VAIL, 1987. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. In Atlas of seismic stratigraphy. Part II: Key definition of sequence stratigraphy. The American Association of Petroleum Geologists. Studies in Geology. N° 27: 11-14.
- VIERA, A. y J. ERLICHER, 1991. Análisis estratigráfico y evaluación prospectiva del Jurásico superior - Cretácico inferior en el sector centro oriental de la Cuenca Austral. Provincia de Santa Cruz. YPF SA. Informe inédito.