

MODELO DEPOSICIONAL PARA LAS ARENISCAS INFERIORES DE LA FORMACIÓN MULICHINCO, DORSO DE LOS CHIHUIDOS, NEUQUÉN

Silvina Valente

Mobil Exploration and Development Argentina

ABSTRACT

Sediments in the Mulichinco Formation of the Lower Cretaceous Mendoza Group (Neuquen Basin, Argentina) provide the basis of a depositional model for a sandy tidal dominated estuarine depositional system. Two sedimentation events with very distinctive characteristics could be defined. Both are separated by an unconformity that is located at the top of one of the Mulichinco lower sandstones named as the "Lower SS1". These events are characterized not only by the facies types but also by the significant differences on sandstone bodies grain size and thickness. This unconformity will define the limit between the Upper and the Lower Mulichinco sandstones. The Upper ones are represented purely by tidal facies, fine to very fine grain size and layers no thicker than 15 meters. The Lower Sandstones instead, were deposited in a fluvial - distributary channels- environment with some tidal influence. It presents medium to fine grain size - occasionally very fine-, on layers that reach the 30 meters of thickness. Significant differences in the matrix mineralogy could be observed between both sections. Lower Sandstones show major percentages of illite and chlorite than the Upper Section. The whole Mulichinco sequence could be showing, upon these observations, a local upward shifting on the depositional system. These differences could also explain in some extent, the anomalous behavior that the Lower Section presents through several well tests in the studied area respect to the Upper Section. This study is concentrated on the Lower Section.

INTRODUCCIÓN

Sobre la base del análisis de facies y litoestratigrafía se propone un modelo deposicional estuarino con dominio de mareas para la secuencia arenosa de la Formación Mulichinco en la zona del flanco oriental del Dorsó de los Chihuidos. El mismo está representado por dos eventos de depositación bien diferenciados, en los cuales el tamaño de grano, arreglo sedimentario, estructuras sedimentarias, espesor de los bancos arenosos, composición mineralógica de la matriz y variación facial tanto lateral como vertical juegan un papel clave para dicha diferenciación.

Mediante la confección de secciones estratigráficas por correlación de perfiles eléctricos, fue posible definir la geometría de los cuerpos arenosos. Además se analizaron la litología y estructuras sedimentarias mediante la descripción de coronas. Asimismo, se utilizó una sección sísmica a fin de determinar el comportamiento de los cuerpos arenosos en una posición más occidental, donde la Formación Mulichinco puede observarse en superficie. En el campo, y como complemento de lo anterior, se examinó el perfil estratigráfico en la localidad de Río Salado, que permitió verificar el modelo deposicional que se insinuaba a través del trabajo de gabinete.

La comarca bajo estudio se encuentra ubicada a unos 100 kilómetros al sudeste de Chos Malal, entre las coordenadas 69° 30' y 69° 15' de Longitud Oeste y 38° y 38° 10' de Latitud Sur (Figura 1).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la realización del presente estudio se comenzó con la compilación y análisis de todo el material disponible para la zona, consistente en: perfiles eléctricos de pozos (potencial espontáneo SP, rayos gamma GR, inducción somera, media y profunda), coronas, descripciones petrográficas, secciones sísmicas, perfiles sonicos, descripciones de cuttings y los trabajos publicados e inéditos sobre la estratigrafía y el marco estructural de la comarca.

Este trabajo se focaliza más en el carácter deposicional de la arenisca Lw SS1 dentro del mismo evento que depositó a las areniscas inferiores y no como parte de un solo evento deposicional para toda la Formación Mulichinco.

Las etapas del trabajo fueron las siguientes:

- Se seleccionaron 11 pozos para la confección de secciones estratigráficas con el propósito de identificar los cambios faciales y la geometría de los cuerpos.
- Se identificaron los topes de las areniscas en estudio -Lw SS1, SS2, SS3 y SS4- como así también las discontinuidades presentes al techo de la arenisca Lw SS1 y a la base de la arenisca Lw SS4 -ó tope de la Formación Quintuco-.
- Se describieron los cortes pulidos de una de las coronas disponibles y se utilizó la descripción de cuttings para los tramos no coroneados, identificándose el ambiente de sedimentación mediante la técnica del análisis de facies y secuencias de facies.
- Se calibró la respuesta eléctrica de los perfiles de potencial espontáneo y de rayos gamma e inducción con los datos obtenidos de la corona y de la descripción del cutting.
- Se confeccionaron secciones estratigráficas mediante la correlación de los perfiles anteriormente citados, analizándose la respuesta eléctrica en los mismos y su relación con el perfil calibrado, con lo cual se pudo trabajar en el reconocimiento de la geometría de los cuerpos arenosos involucrados.
- Una vez que todas las areniscas pudieron ser claramente identificadas en cada uno de los perfiles- se realizaron mapas para cada una de ellas, definiendo así su geometría en planta y su desarrollo dentro del modelo deposicional.
- Mediante el perfil sísmico del pozo calibrado, se obtuvieron los tiempos sísmicos para el tope de cada arenisca, como así también para los topes de las Formaciones Mulichinco y Quintuco. Esto se utilizó para integrar las areniscas identificadas en una escala mayor dentro de las secciones sísmicas.
- Se verificó la litología, tipos de contacto, estructuras sedimentarias primarias, contenido paleontológico, espesor de los bancos y geometría de los cuerpos en el afloramiento de la Formación Mulichinco localizado al este del cruce de la ruta 40 con el río Salado (punto denominado Paso del Salado). Se incluyeron un tramo del tope de la Formación Quintuco y otro de la base de la Formación Agrio.
- Toda la información estratigráfica obtenida a partir de los pasos anteriormente descriptos, fue integrada con los datos provenientes de los pozos de la zona de estudio. No fue posible una correlación exacta entre las areniscas definidas en el yacimiento y las encontradas en afloramiento aunque, en ambos casos, se encontraron características deposicionales distintivas entre las areniscas inferiores y las superiores, como ser: tamaño de grano, espesor y geometría de los bancos y estructuras sedimentarias.
- La sección sísmica fue interpretada de manera expeditiva y el objetivo de la misma fue integrar los datos de campo a una perspectiva más regional. Dicha sección muestra una continuidad lateral importante, tanto en el espesor como en las características sismo estratigráficas de la Formación Mulichinco.
- Se utilizaron los perfiles de buzamiento de dos de los pozos del yacimiento para intentar identificar los cambios deposicionales por encima y por debajo de la discontinuidad del tope de la arenisca Lw SS1.

CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS

La Formación Mulichinco forma parte del Grupo Mendoza, unidad que alcanza los 2.400 metros de espesor e incluye las Formaciones Vaca Muerta, Quintuco, Mulichinco y Agrio (Weaver, 1931).

Luego de la etapa regresiva que depositó la Formación Quintuco -rica en trigonias, bivalvos y amonites- se inicia otro periodo de transgresión marina durante el Valanginiense, depositándose los conglomerados y areniscas de la Formación Mulichinco en posiciones marginales de cuenca (Figura 2). En la zona de estudio, Mulichinco está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas de grano medio a fino y muy fino, con intercalaciones de arcillitas y de areniscas muy finas y muy arcillosas.

Los espesores máximos conocidos de Mulichinco llegan a los 200 metros, aunque en la zona de estudio su espesor promedio es de 100 metros. Su geometría es en forma de cuña adosada al margen de la plataforma interior. Hacia el tope presenta un tramo carbonático y clástico de plataforma seguidos inmediatamente por las pelitas negras, margas y calizas micríticas de plataforma de costa afuera a interior de cuenca del Agrio inferior (Legarreta y Gulisano, 1989).

La edad valanginiense de Mulichinco está determinada por zonas de amonites en afloramientos. En superficie se presenta como una sección condensada. Los reflectores sísmicos presentan terminaciones "downlaps" bien definidas. Litológicamente se desarrolla como una secuencia granodecreciente y estratodecreciente

demostrando características de profundización que representaría un carácter transgresivo (Uliana et al., 1977).

MARCO TECTÓNICO

De acuerdo con los rasgos estructurales y los sistemas tectosedimentarios, la Cuenca Neuquina involucra un área fallada y plegada y un área de plataforma relativamente estable. Estos sectores se corresponden casi estrictamente con los que en la literatura se conocen como área Andina y área del Engolfamiento (Figura 3). La primera está caracterizada por una intensa deformación de la cubierta sedimentaria en amplios anticlinales y sinclinales elongados y afectados por fallas en sus flancos con rumbos predominantemente meridionales. Se ubica próxima al arco volcánico y coincide con las posiciones más profundas de cuenca para la mayor parte de los ciclos sedimentarios que rellenan la cubeta. El Área del Engolfamiento correspondería a la mitad oriental de la cuenca de retroarco neuquina y, desde el punto de vista tectónico, se interpretaría como una antefosa cuyo evento diastrófico principal se corresponde con los Movimientos Patagónicos Principales (Ramos, 1978 y Ramos et al., 1984) del Cretácico superior. Existe gran influencia del basamento en las cercanías del Macizo Nordpatagónico y del Sistema de la Sierra Pintada, por lo que los lineamientos más importantes, adquieren rumbos subparalelos a los respectivos límites de la cuenca (Turic et al., 1981).

Uno de los rasgos más notables en esta zona es el denominado Dorso de los Chihuidos, localizado inmediatamente al este del curso norte-sur del río Neuquén, en el límite entre las Áreas del Engolfamiento y Andina. Consiste en un extenso eje antiformal, con gran radio de curvatura y rumbo meridional, con 70 kilómetros de largo y varias culminaciones menores. La zona de estudio se halla ubicada sobre el flanco oriental de esta estructura.

CARACTERÍSTICAS PETROLERAS DE LA FORMACIÓN MULICHINCO

La Formación Mulichinco constituye un objetivo de gran interés para la prospección de hidrocarburos, ya que está representada por espesos paquetes arenosos que constituyen una excelente roca reservorio. La porosidad que presenta es variable desde la base al techo pero, habitualmente, oscila en el rango de 15 a 21%. La permeabilidad es, en algunos casos, el mayor problema, ya que algunos de los paquetes arenosos no superan el milidarcy -es por eso que son conocidas como "tight sands" ó areniscas de baja permeabilidad-.

La roca madre de esta comarca está representada por la Formación Vaca Muerta (Figura 2), de edad Tithoniano-Berriasiano, constituida por lutitas negras, margas y limolitas oscuras, depositadas en un ambiente marino, correspondiente a posiciones distales de cuenca y talud, portadoras de pelecípodos, calciesferas y amonoideos (Mitchum y Uliana, 1982). En la zona de estudio, esta Formación alcanzó principalmente la etapa de generación de gas y líquidos livianos desde 116 ma hasta la actualidad. Estudios geoquímicos realizados por Gervirtz (1995) indican un valor de 1.3% para la reflectancia de la vitrinita para este sector de la cuenca.

La roca sello está constituida por el Agrio inferior, del Hauteriviano, representado por pelitas negras y margas (Figura 2).

La secuencia arenosa de la Formación Mulichinco ha sido dividida en secciones, sobre la base de las arcilitas laminares que en ella se intercalan. Estas secciones son Upp SS1, SS2, SS3, SS4, SS5 y Lw SS1, SS2, SS3, y SS4. (Se trata de una terminología informal, para los fines de este estudio).

Según datos de coronas y perfiles de pozos se ha identificado una discontinuidad en el tope de la arenisca Lw SS1, lo cual, sumado a las características distintivas por encima y por debajo de la misma, induce a la idea de que Mulichinco puede haber sido depositada durante dos eventos, siendo el primero el que depositó las areniscas Lw SS4 a SS1 y el segundo de Upp SS5 a SS1.

Esta podría ser una explicación para el comportamiento anómalo presentado por la arenisca Lw SS1 en relación con las areniscas superiores (Upp SS) durante su evaluación petrolera. De las areniscas inferiores, hasta ahora, sólo la Lw SS1 ha sido evaluada como productora de hidrocarburos en la zona de estudio. Su respuesta en la interpretación de los perfiles de pozos de la comarca es la que habitualmente corresponde a acuíferos pero produce hidrocarburos de esas mismas capas. El mismo se interpreta como un espesor útil de bajo contraste de resistividad por su alto contenido de clorita en la matriz, la cual, por su alto contenido ferrífero, aumentaría la conductividad de esta arenisca.

Otro de los problemas que presenta esta arenisca -Lw SS1- es la menor producción de hidrocarburos con respecto a la producción obtenida de las areniscas superiores, aunque presenta mejores valores de porosidad y permeabilidad. Es posible que la presencia de arcillas expandibles en la matriz y el eventual daño formacional producido por el lodo de perforación afecten las condiciones originales del reservorio. Estos interrogantes serán definidos luego de análisis específicos en coronas de pozos y estudios de sensibilidad a los fluidos que se están realizando al momento y no constituyen el objetivo del presente estudio.

ANÁLISIS DE FACIES

En este trabajo el concepto de '**facies**' se emplea como aquel cuerpo tridimensional de sedimentos ó de rocas sedimentarias cuya génesis (ambiente, procesos) puede ser interpretada a partir de su composición, petrografía, geometría externa, estructuras sedimentarias, contenido fosilífero, relaciones estratigráficas y asociaciones espaciales con otras facies.

La asociación lateral y vertical de facies contemporáneas, depositadas en ambientes determinados y asociadas genéticamente, constituyen las **secuencias de facies**, base fundamental para establecer el modelo deposicional de la unidad bajo estudio.

Con el sustento de observaciones en cortes de corona y descripciones de cutting provenientes de pozos de la zona, sumados a observaciones hechas en afloramientos, se puede proponer una hipótesis evolutiva de tipo deposicional con la ayuda de otros elementos tales como información publicada y comparación con situaciones análogas.

De testigos coronas disponibles se obtuvo la siguiente descripción de facies:

"**Facies de canal de marea**" 2.4 m. Arenisca grano medio a fino, pobre a moderadamente seleccionada con **contacto erosivo basal** (Figura 6), **estratificación entrecruzada**, tendencia granodecreciente, presencia de clastos elongados de fangolita, **estratificación flaser** y **estratificación contorteada**. En la base del mismo se ha definido la discontinuidad del tope de la arenisca LwSS1.

"**Facies de barra arenosa de marea**" 29.6 m. Arenisca grano medio a fino, moderada a bien seleccionada con contactos inferiores netos, **estratificación entrecruzada** de alto ángulo haciéndose tangencial hacia los contactos inferiores, ocasionalmente **facies heterolíticas**, laminación de capas espesas y delgadas -carácter cíclico-, superficies amalgamadas y posible bioturbación.

"**Facies de planicie arenosa de marea**" 0.4 m **Facies heterolíticas** con laminación horizontal, **estratificación flaser** y **estratificación ondulada**.

"**Facies de planicie de marea fangosa**" 6.5 m. Fangolita con capas lenticulares de limolita, inyecciones de arena en la fangolita.

Sobre la base de la presencia de laminación ondulítica, facies heterolíticas, ritmitas, estratificación flaser y secuencias de tipo transgresiva hacia la parte superior, se interpretó a la secuencia en estudio como "depósitos estuarinos dominados por mareas".

En base al conocimiento regional se asume que, tanto los canales de marea como las barras arenosas de marea, se ubicarían normales a la línea de costa, es decir, en dirección NNO-SSE, estando el área de aporte del material clástico ubicada al SSE.

No se han encontrado evidencias suficientes para definir a este modelo como estuarino dominado por oleaje, tales como estructuras de tipo *hummocky* o estratificación entrecruzada de bajo ángulo.

MODELO DEPOSICIONAL

Las estructuras sedimentarias -tales como estratificación flaser, contorteada, entrecruzada de alto ángulo y ondulada- observadas en el testigo corona de uno de los pozos disponibles dentro de la zona de estudio, como así también la litología, mineralogía y variaciones en el tamaño de grano, definen a esta secuencia como depositada en un ambiente estuarino de plataforma proximal consistente en un apilamiento de canales y barras tidales separadas por delgadas planicies tidales de inundación de carácter pelítico (Figura 4).

El modelo deposicional propuesto consiste en una línea de costa orientada N 50° E, con un sistema de canales distributarios proveniente del SE y formando una bahía estuarina en su arribo a la línea de costa (Figura 5).

El sistema tidal presente, estaría dominado por mareas y abierto al mar, ya que no presenta ningún tipo de estructuras sedimentarias características de las zonas de sedimentación en cuerpos de agua restringidos -detrás de islas barrera-, sino que ofrece estructuras sedimentarias netamente relacionadas con mareas.

Los depósitos arenosos producidos por barras tidales y canales tidales se interpretan orientados perpendicularmente a la línea de costa, pudiendo existir una transición a depósitos de tipo "lagoon" hacia la parte superior de la Formación Mulichinco, donde los cuerpos arenosos son más delgados y con mayor participación pelítica que en la parte inferior de la misma unidad.

Es debido a la presencia de estructuras sedimentarias que representan "tidal sand flats" y "tidal channels" que se clasifica a este sistema estuarino como mesotidal en vez de microtidal, ya que éste último estaría influenciado más por el oleaje que por la marea (Dalrymple, 1992).

Los sistemas estuarinos son, por definición, sistemas deposicionales transgresivos (Walker, 1992) y, al igual que los depósitos de islas barrera, responden rápida y sensiblemente a las fluctuaciones relativas del nivel del mar. Las discontinuidades localizadas en la secuencia se asocian a estos eventos y constituyen importantes elementos de correlación.

La discontinuidad en el carácter deposicional de la Formación Mulichinco para el sector del levantamiento estratigráfico, estaría ubicada a 109 metros de la base de la Formación. Desde esta discontinuidad hacia el techo de la Formación, la litología se torna más arcillosa, los bancos más delgados y completamente tabulares. Esto podría interpretarse como un segundo evento transgresivo con mayor influencia tidal -pero de menor magnitud-, con una superficie de reactivación basal (tope de LwSS1) que se encuentra por encima de los depósitos del primer evento transgresivo, el cual presenta mayor influencia fluvial - y una magnitud tidal mayor que el anterior- (LwSS4 a SS1), que después grada verticalmente a depósitos de plataforma proximal -tope de Mulichinco-, con presencia de facies carbonáticas). Si bien la sección superior de Mulichinco en posiciones del yacimiento también presenta adelgazamiento de los bancos arenosos con respecto a la sección inferior, el contenido arcilloso no es tan importante como el observado en el afloramiento, lo que podría indicar, para una misma situación deposicional, una ubicación más somera dentro del borde de cuenca.

CORRELACIÓN DE RESERVORIOS

Una vez que se han comparado los datos de litología y tamaño de grano tomado de cuttings y de la descripción de corona con la respuesta eléctrica observada en los perfiles SP y GR junto con los de inducción profunda, media y somera, se llega a las siguientes conclusiones:

- Tanto los niveles de arcilla como las areniscas muy arcillosas se distinguen de las areniscas más limpias y porosas mediante el desarrollo de la curva SP. También el GR define los contactos entre areniscas limpias y arcillosas. Es importante destacar como va incrementándose el contenido arcilloso hacia la base de la Formación Mulichinco (ver cortes estratigráficos).
- Si se considera a la porosidad en función de la separación entre curvas resistivas (Figura 7)- correspondiendo la mejor porosidad a la mayor separación entre curvas -, entonces puede decirse que la arenisca LwSS1 sería la más porosa de la secuencia inferior de la Formación Mulichinco. Puede también considerarse a esa separación entre curvas como una función del tamaño de grano y contenido arcilloso.
- Con respecto al análisis de fluidos sobre la base de la interpretación de las curvas de resistividad, la respuesta eléctrica indicaría que las capas contienen agua de formación debido a los bajos valores de resistividad observados. Es sabido, por resultados de ensayos, que estas areniscas contienen grandes cantidades de gas alojado, pero con bajo contraste de resistividad debido a la presencia de clorita en la matriz.

Se definieron contactos entre areniscas y niveles arcillosos en cada uno de los perfiles de pozo, tomando como línea de corte el 50% de arcilla.

Se seleccionaron dos direcciones preferenciales para la construcción de cortes estratigráficos, normales a la posible paleolínea de costa (Figura 8).

Los dos cortes estratigráficos fueron nivelados al tope de la arenisca LwSS1, con el propósito de identificar los distintos cuerpos arenosos, su geometría y sus cambios faciales tanto lateral como verticalmente (Figuras 9 y 10).

Resultó difícil la correlación de las unidades deposicionales entre pozos -esto es, canales de marea, barras arenosas y planicies de marea arenosas- debido al truncamiento entre las mismas y debido a la resolución vertical de los perfiles, aunque si pudieron ser correlacionados como intervalos amalgamados -canales y barras-.

Sobre la base del espesor de los cuerpos, tamaño de grano, matriz y naturaleza de las litofacies se pudieron distinguir tres facies con buenas condiciones de reservorio para alojar hidrocarburos (Serra, 1986):

- Barras de marea, con excelentes características como roca reservorio, 95 a 100% de arenisca, limpias, moderadas a bien seleccionadas y con geometría tabular.
- Canales de marea, con buenas propiedades como roca reservorio, 90 a 100% de arenisca, moderadas a pobremente seleccionadas y con geometría lenticular.
- Planicies de marea arenosas, con propiedades pobres a moderadas como rocas reservorio (60 a 90% de areniscas, moderadamente seleccionadas y con geometría tabular.

En algunos casos se observa una variación en las características como roca reservorio tanto dentro de los intervalos de canal de marea como en las barras de marea.

Las intercalaciones arcillosas podrían actuar en algunas circunstancias como barreras de permeabilidad en sentido vertical.

Las unidades deposicionales de canal de marea presentan espesores individuales que van de 0.5 a 3 metros y en unidades amalgamadas se las encuentra con un espesor de 25 metros.

En cuanto a las barras de marea, presentan el mismo rango de espesores como unidades aisladas pero, amalgamadas, conforman unidades de hasta 12 metros.

Tanto las planicies de marea arenosas como las fangosas no superan el metro de espesor.

GEOMETRÍA DEL RESERVORIO: MAPAS ISOPÁQUICOS Y PERFILES DE BUZAMIENTO

Con el fin de identificar la geometría de los cuerpos arenosos en planta (Sneider, 1977), se confeccionaron mapas isopáquicos tanto para el espesor total de la secuencia inferior de la Formación Mulichinco (LwSS) cuanto para el espesor neto de areniscas de cada unidad interpretada (Figuras 11 a 15).

El mapa isopáquico del espesor total de LwSS, muestra una elongación en sentido NNO-SSE, lo cual se correspondería con la idea de canales de marea y barras arenosas de marea depositadas en sentido normal a una línea de costa, de dirección OSO-ENE.

Los mapas de espesor neto de areniscas para cada unidad sólo representan la distribución principal de las areniscas dentro del modelo deposicional, pero no se ha mapeado cada cuerpo arenoso, debido a que se trata de un sistema complejo de areniscas intercalando con arcillas y areniscas muy arcillosas dentro de una planicie estuarina en el que resulta difícil la identificación de cada uno de los pequeños cuerpos. Aún así es posible observar en estos mapas isopáquicos que la distribución de areniscas se produce con una orientación preferencial que es, o bien aproximadamente, E-O ó NNO-SSE, lo que también se corresponde con el modelo deposicional anteriormente postulado.

Se han utilizado los perfiles de buzamiento de dos de los pozos de la zona de estudio, con el objeto de realizar una correlación entre los mismos, que pueda indicar la presencia de diferentes direcciones de paleocorriente por encima y por debajo de la discontinuidad del tope de la arenisca LwSS1 (Figuras 18 y 19). Para esto, se interpretaron las direcciones de paleocorriente para cada evento significativo dentro de cada arenisca de la Formación. Esto dio indicios más fehacientes del carácter tidal de este modelo, ya que fueron reiterados los eventos deposicionales de tipo "bimodal", característico de ambientes de planicie de marea.

También se interpreta de lo anterior, que las direcciones de corriente no fueron siempre las mismas sino que variaron muy frecuentemente entre las principales N-S y E-O, lo que indicaría, para el caso de los canales de marea, un cauce más bien divagante que rectilíneo, dentro de la planicie de marea.

Con respecto a la correlación de ambos perfiles de buzamiento, se cree que la distancia entre los mismos -5.5 kilómetros en dirección E-O- es demasiado grande para encontrar características similares de paleocorriente que permitan atar los datos de buzamiento por encima y por debajo de la discontinuidad antes mencionada.

INTERPRETACIÓN SÍSMICA

Se ha seleccionado una sección sísmica con dirección E-O cercana a la ubicación del perfil estratigráfico de la zona de Paso del Salado, con el objeto de integrar dicha información estratigráfica a una perspectiva regional que involucre los términos de Mulichinco estudiados en subsuelo en la región del Dorso de los Chihuidos.

Para identificar los niveles de interés en la sección sísmica, se ha utilizado un gráfico de tiempo versus profundidad, tomado de la sísmica de uno de los pozos del yacimiento calibrado con el perfil sísmico del

mismo pozo (Figura 16). De allí se obtuvieron los tiempos sísmicos para los topes de las Formaciones Mulichinco y Quintuco y del Miembro Avilé.

Los topes de Mulichinco y de Quintuco fueron identificados en la sección sísmica, así como también el tope de la Formación Tordillo, el cual se obtuvo de los datos de un pozo cercano a dicha sección.

A lo largo de la misma, se puede observar cómo va aumentando la deformación estructural hacia el oeste, comenzando en un sector oriental de plataforma conformado por amplias estructuras anticlinales y sinclinales, prácticamente sin presencia de fallamientos, que va aumentando en deformación hacia el oeste, mediante fallas de tipo inverso o "sobrecorrimientos" con vergencia oriental. Estos indican el acortamiento de toda la secuencia deposicional que involucra, en parte, al basamento y que son causa del empuje proveniente del sector andino occidental.

También se observan, en menor medida, fallas directas con la misma dirección de buzamiento que las anteriores, las cuales podrían representar el efecto del reacomodamiento de los bloques durante el empuje occidental antes mencionado (Véase figura 17).

Mientras que en algunos sectores de la sección sísmica, donde existe alto grado de deformación por fracturamiento, no fue posible identificar la ubicación de Mulichinco debido a la pobre continuidad de los reflectores sísmicos, en otros, como ser en la zona de plataforma -al este- los reflectores que representan a Mulichinco muestran un carácter sísmico continuo, con altos valores de amplitud sísmica en aquellos del tope y base de la formación.

En uno de los lugares donde Mulichinco se encuentra aflorante, gran parte de la secuencia sedimentaria se encuentra afectada por una falla de tipo "backthrust" asociada con la falla inversa principal.

CONCLUSIONES

A través de la interpretación de la sección sísmica regional se pudo observar que el espesor de la unidad bajo análisis se mantiene constante.

Existe una muy precisa correlación de facies y del modelo deposicional entre las exposiciones de superficie y el área de subsuelo, donde se trabajó con la información aportada por los pozos aunque, en los afloramientos resulta prácticamente imposible individualizar las areniscas que son detalladamente estudiadas en los pozos.

El análisis de perfiles de pozo sumado a la correlación de los mismos, permitió definir dos eventos deposicionales para la Formación Mulichinco en la zona de estudio. La parte inferior se habría desarrollado en un ambiente deposicional de carácter fluvial costero, con presencia de facies de canal distributivo afectado por mareas. La parte superior se habría depositado en un ambiente estrictamente estuarino con dominio de mareas, con facies de barras y planicies arenosas, canales de mareas y planicies fangosas de mareas. Mediante perfiles de buzamiento se encontraron características distintivas de un ambiente tidal, como lo son las direcciones de buzamiento bimodales dentro de un mismo banco. Los rápidos cambios en la dirección de buzamiento en sentido vertical señalaron un mismo comportamiento en el sentido areal, lo que indicaría canales de marea divagantes dentro de una planicie tidal fangosa ó arenosa.

Además de las características distintivas en la composición mineralógica de la matriz, tamaño de grano y espesor de las areniscas de ambas secciones, el rápido ascenso del nivel del mar habría sido el factor de cambio principal para obtener finalmente condiciones de reservorio tan diferentes.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gualter Chebli, por su colaboración en la revisión del presente trabajo.

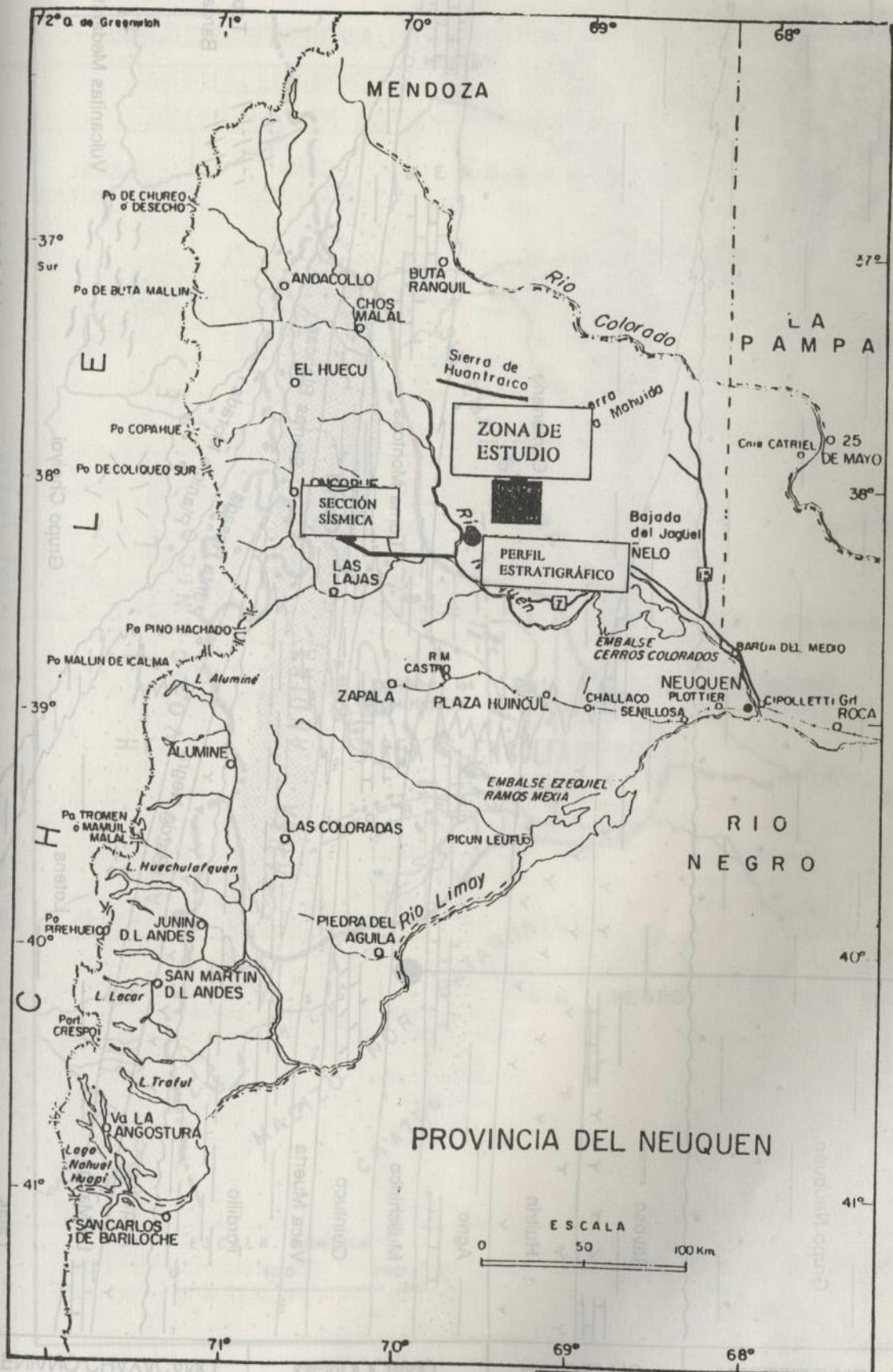
A Mobil Exploration and Development Argentina, quien proveyó del material necesario para la confección de este estudio.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Dalrymple, R. 1992 "Tidal Depositional Systems" Department of Geol. Sciences, Queen's University, Kingston, Ontario K7L 3N6. En Facies Model 195-218, Walker, R. y P. James. Geol. Assoc. of Canada. Ontario, Canada.

- Mitchum, R. y M. Uliana, 1982 "Estratigrafía sísmica de las Formaciones Loma Montosa, Quintuco y Vaca Muerta, Jurásico superior - Cretácico inferior de la Cuenca Neuquina. Argentina. I Cong. Nac. De Hidrocarburos. Conferencias 439-484.
- Pritchard, D. 1967 "What is an estuary: physical standpoint?", en Lauff, G., ed., *Estuaries*: Washington, D.C., Amer. Assoc. for Adv. Of Scie., Publ. 83:3-5.
- Ramos, V. 1978 "Estructura" en Séptimo Congr. Geol. Arg. Relatorio: 99-118. Buenos Aires.
- Ramos, V. y J. Cortes, 1984 "Estructura e interpretación tectónica" Relatorio. Geología de la Provincia de río Negro. IX Congr. Geol. Arg. Relatorio I (12):317-346. Buenos Aires.
- Reinson, G. 1984 "Transgressive Barrier Island and Estuarine Systems". En *Facies Models*: 179-194, Walker, R. y P. James. Geol. Assoc. of Canada. Ontario, Canada.
- Serra, O. 1986 "Ambiente marino silicoclástico de aguas someras" En *Análisis de ambientes sedimentarios mediante perfiles de pozo*, Serra, O. Schlumberger. Buenos Aires.
- Sneider, R., F. Richardson, D. Paynter, R. Eddy, e I. Wyant, 1977 "Predicting reservoir rock geometry and continuity in Pennsylvanian reservoirs, Elk City Field, Oklahoma" Inéd. Oklahoma.
- Turic, M., C. Fernández Garrasino, R. Pombo, J. Bianchi, y H. Di Benedetto, 1981 "Cuencas sedimentarias de la Argentina". Comunicación YPF. Buenos Aires.
- Turner, J. 1965a. "Estratigrafía de Aluminé y adyacencias (Pcia. del Neuquén). Rev. Asoc. Geol. Arg., 20 (2):153-184. Buenos Aires.
- Turner, J. 1965b. "Estratigrafía de la comarca de Junín de los Andes, Pcia. del Neuquén". Bol. Acad. Nac. de Ciencias Córdoba, 44 (1-4):5-51. Córdoba.
- Turner, J. y L. Cazau, 1978 "Estratigrafía del Pre-Jurásico". Relatorio. Geología de la Provincia del Neuquén. VII Congr. Geol. Arg. 25-36. Buenos Aires.
- Uliana, M., D. Dellape, y G. Pando, 1977 "Análisis estratigráfico y evaluación del potencial petrolífero de las Formaciones Mulichinco, Chachao y Agrio del Cretácico inferior de la Cuenca Neuquina". Petrotecnia - YPF. Buenos Aires.
- Vásquez, J. y R. Gorroño, 1981 "Límite de la faja plegada en la República Argentina". Rev. Asoc. Geol. Arg., XXXV. 4:582-585. Buenos Aires.
- Vergani, G., A. Tankard, H. Belotti, y H. Welsink, 1995 "Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquen Basin, Argentina". AAPG Memoir 62: 383-402. Tulsa, Oklahoma.
- Volkheimer, W. Y A. Salas, 1976 "Estudio Palinológico de la Formación Huitrín: Cretácico de la Cuenca Neuquina en su localidad tipo". VI Congr. Geol. Arg. Actas v.1:431-453. Buenos Aires.
- Walker, R. 1992 "Facies. Facies Models and Modern Stratigraphic Concepts" Department of Geology, McMaster University, Hamilton, Ontario L8S 4M1. En *Facies Models* 1-14, Walker, R. y P. James. Geol. Assoc. of Canada. Ontario, Canada.
- Walther, J. 1894 (en Middleton, G., 1973 "Johannes Walther's Law of the correlation of facies". Geol. Soc. Amer. Bull. 84:979-988.
- Weaver, C. 1931 "Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of west central Argentina" Mem. Univ. Washington., v.1. Seattle.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO



MAPA DE UBICACIÓN
PARA LA ZONA DE ESTUDIO

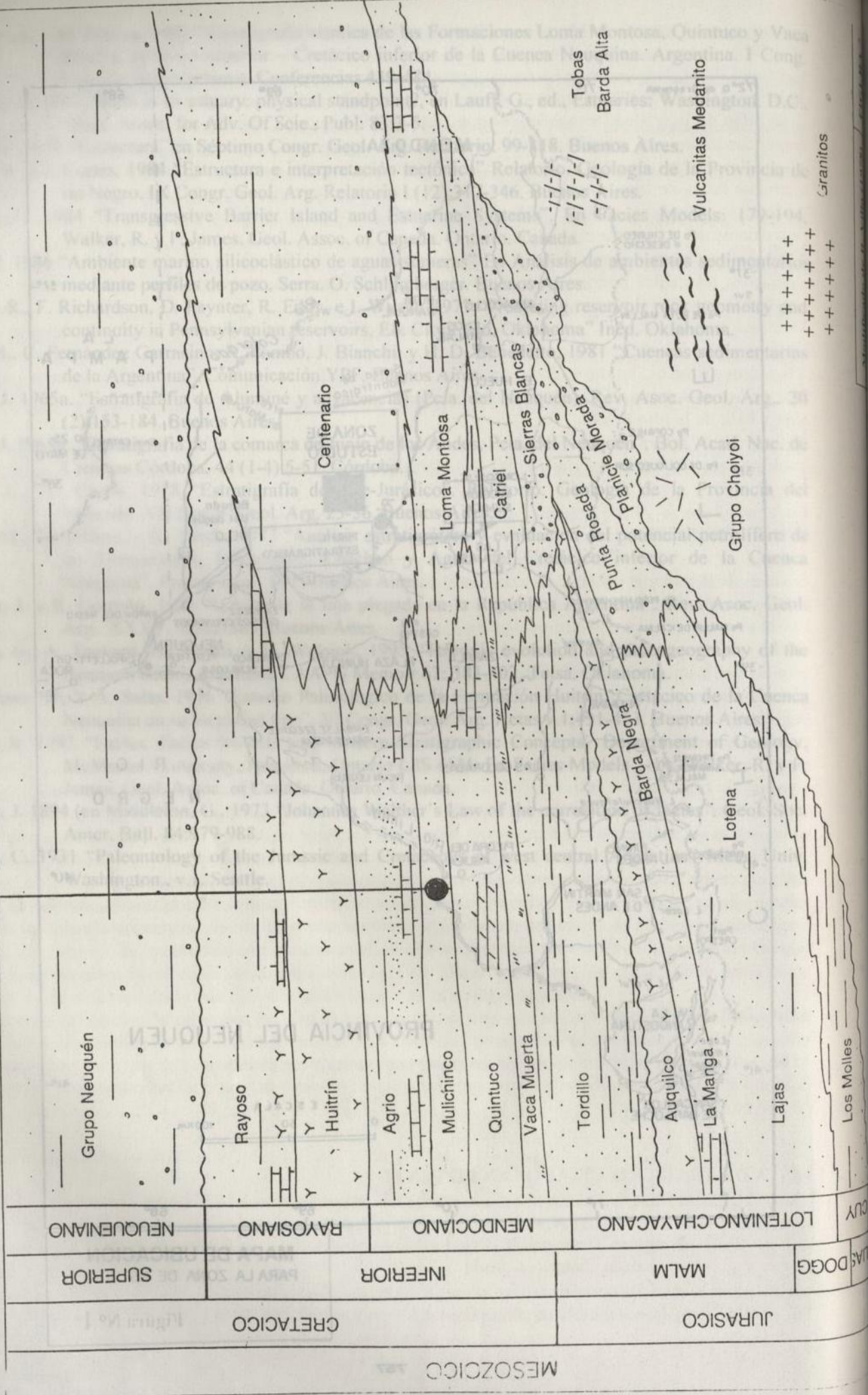
Figura N° I

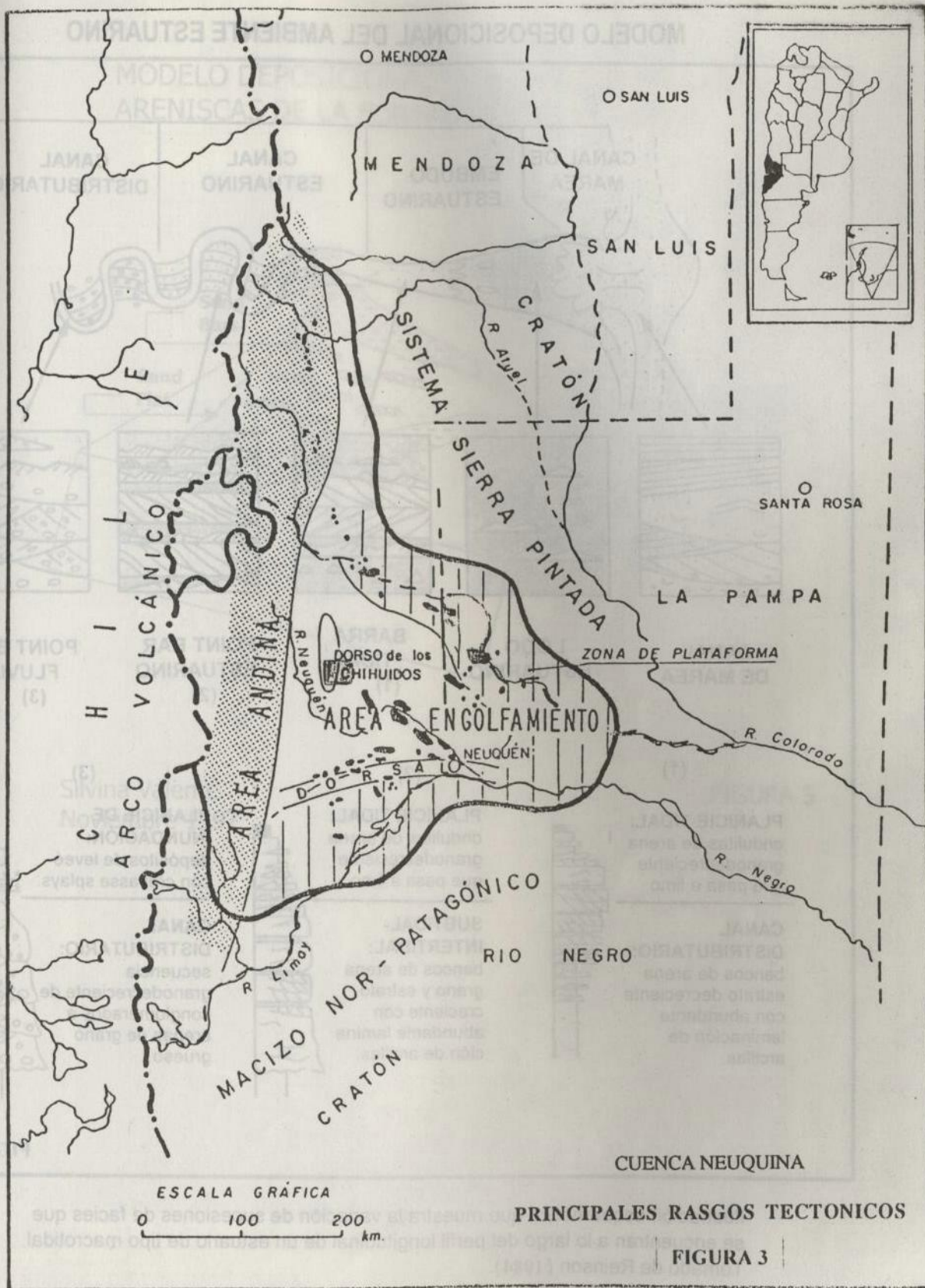
CUENCA NEUQUINA

Perfil Estratigráfico representativo
para la zona de estudio

ESTE

OESTE





MODELO DEPOSICIONAL DEL AMBIENTE ESTUARINO

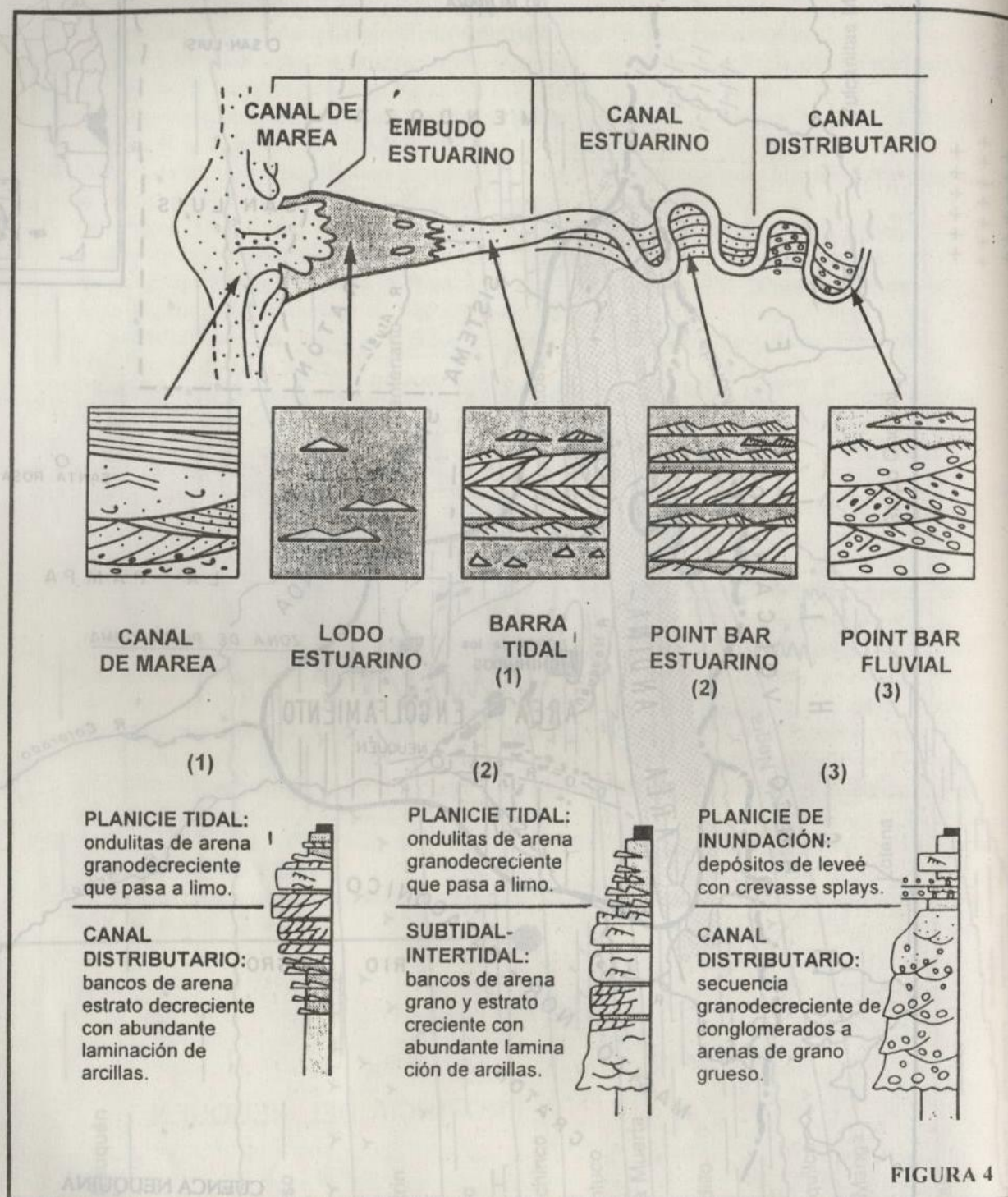
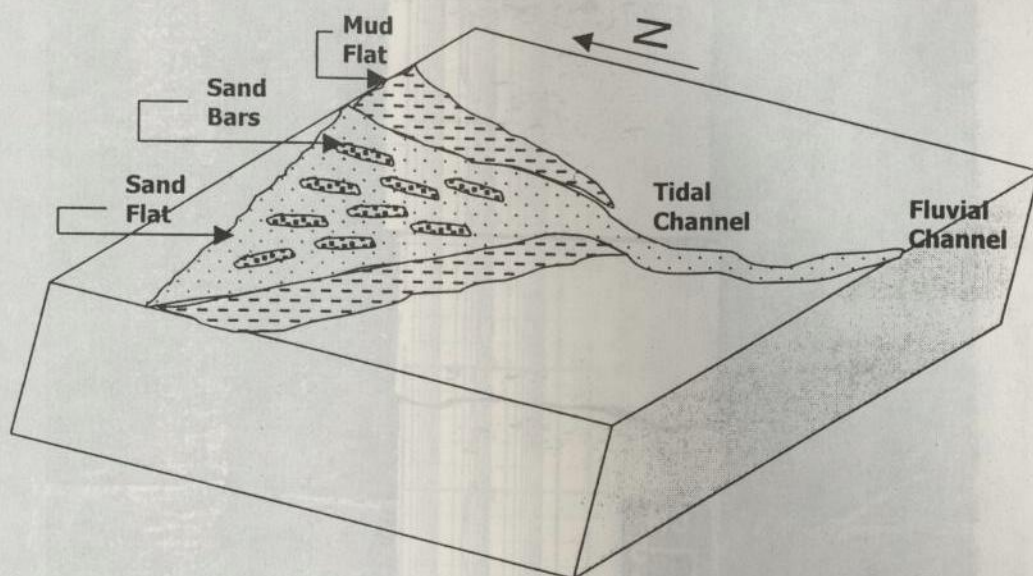


FIGURA 4

Ilustración esquemática que muestra la variación de sucesiones de facies que se encuentran a lo largo del perfil longitudinal de un estuario de tipo macrotidal. Tomado de Reinson (1984).

MODELO DEPOSICIONAL PROPUESTO PARA LAS ARENISCAS DE LA FORMACIÓN MULICHINCO



Silvina Valente
Noviembre 1997

FIGURA 5

FIGURA 7 - Perfil de pozo... los datos obtenidos de la...

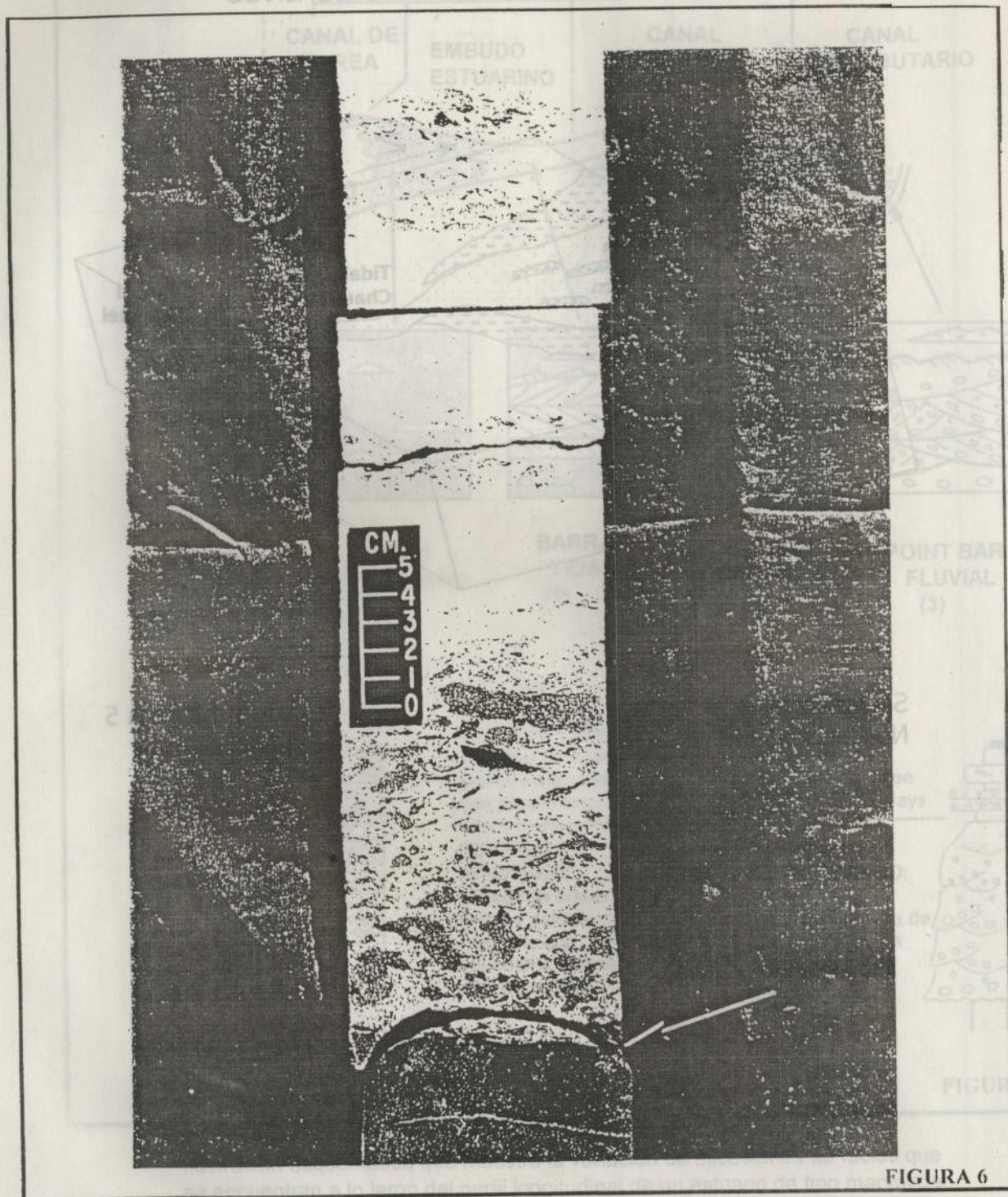


FIGURA 6

Contacto erosional (flecha) entre una arenisca de grano fino y una arcilita subyacente. Es notable la concentración de intraclastos cerca de la base de la arenisca. Este contacto ha sido interpretado como una superficie de discontinuidad formada por el lecho de un canal.

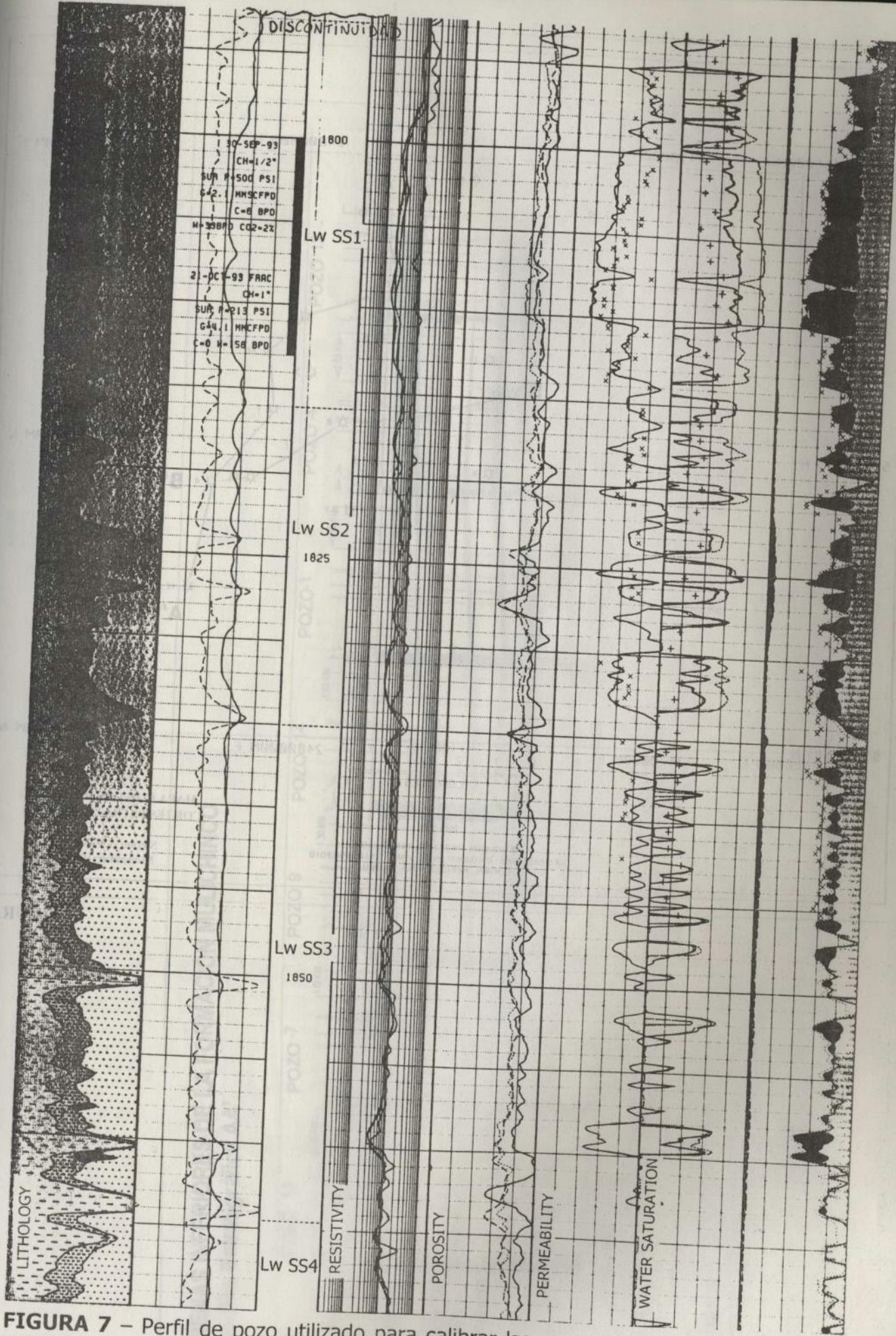


FIGURA 7 – Perfil de pozo utilizado para calibrar las respuestas eléctricas con los datos obtenidos de la corona del mismo pozo.

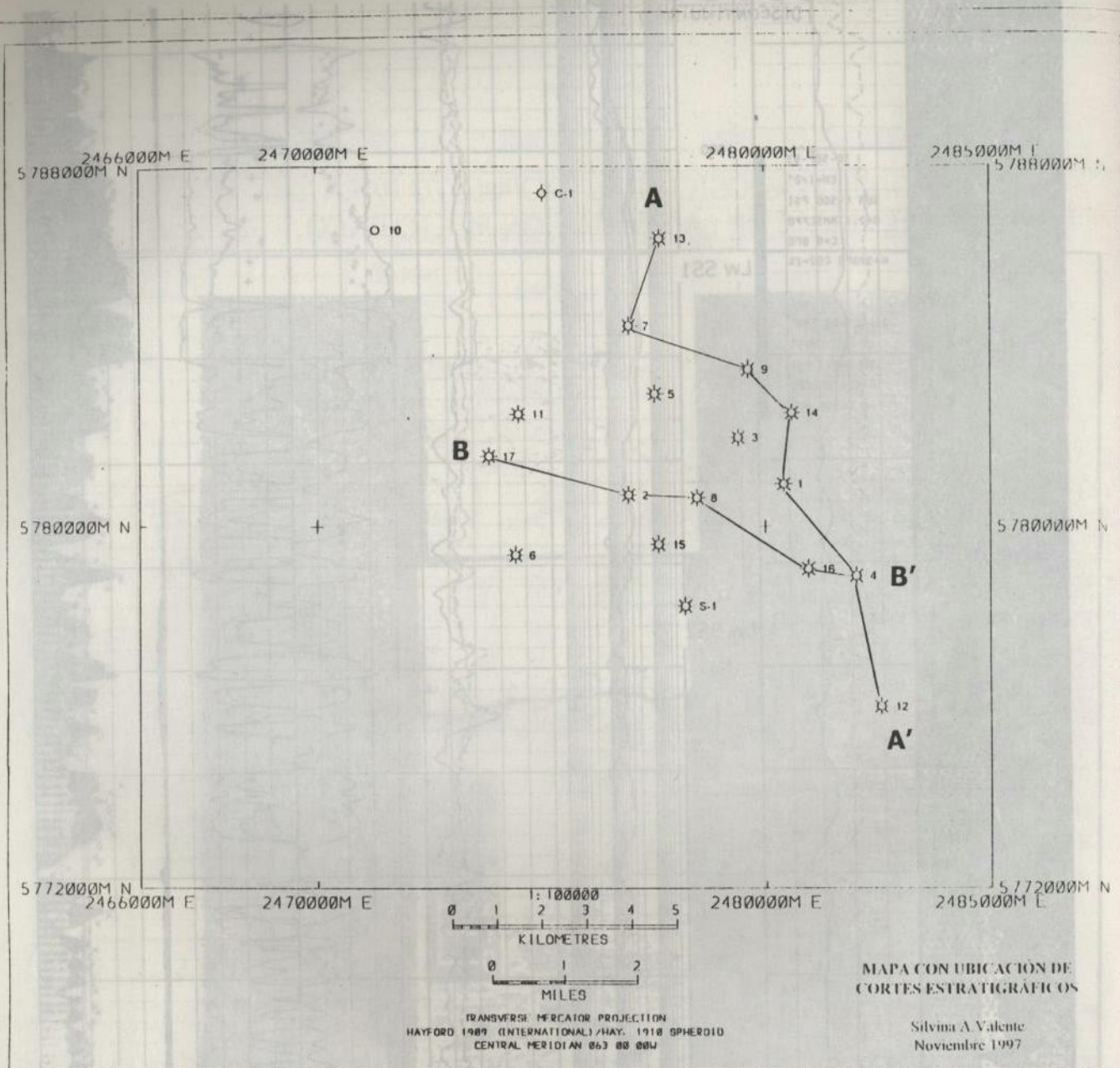
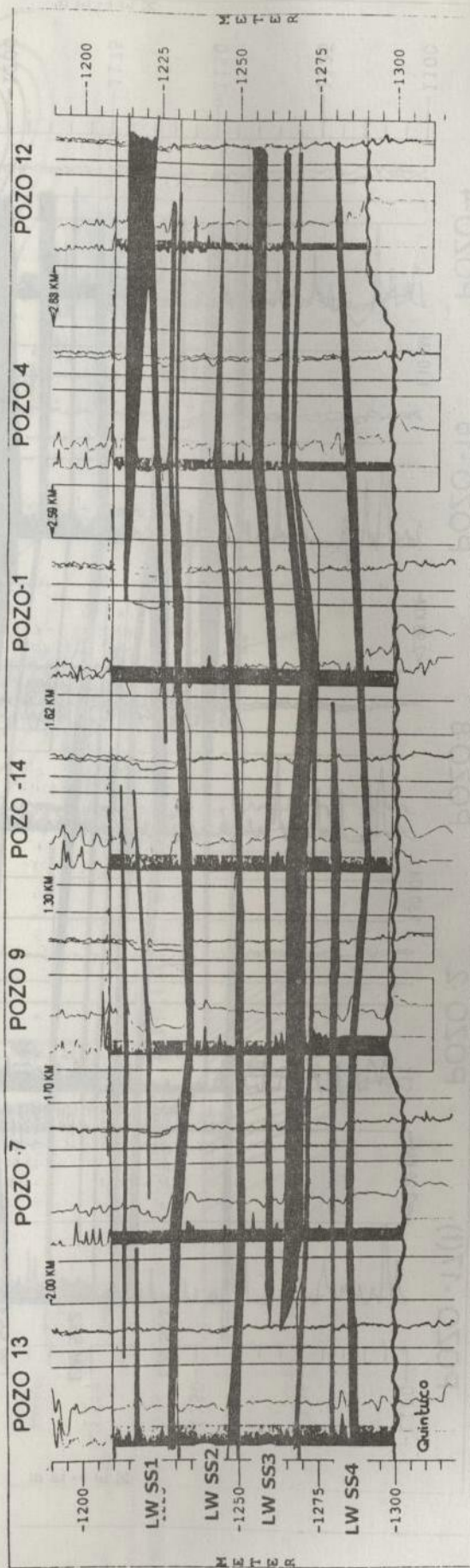


FIGURA 8

ARENAS INFERIORES DE LA FORMACIÓN MULICHINCO **Sección Estratigráfica AA'**



Nivelado al top de la Arena LW SS1

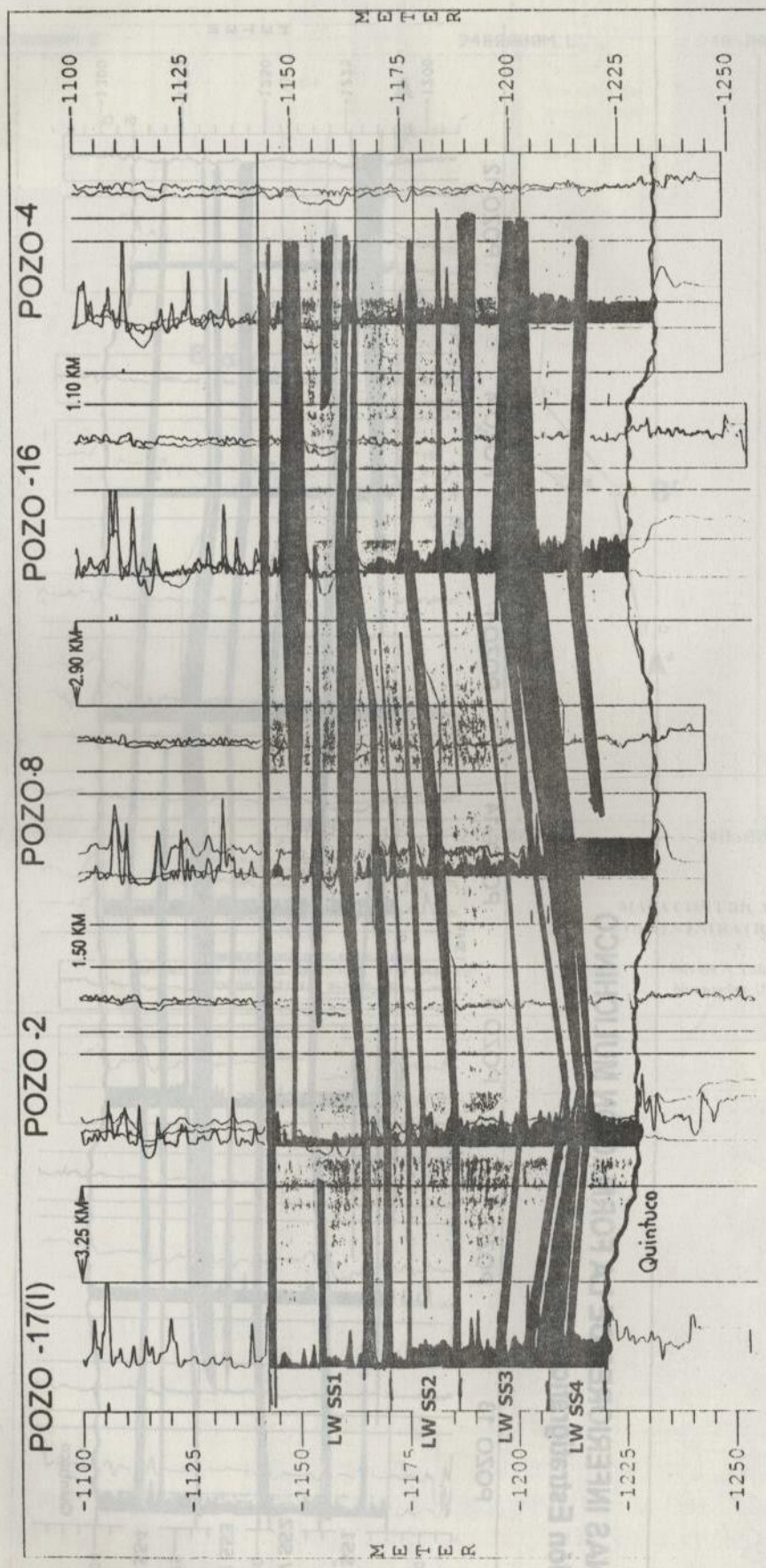
Referencia:

☐ Areniscas
☐ Pelitas

GEOPHYSICAL MICRO COMPUTER APPLICATIONS
 Stratigraphic Cross Section AA' - Sierra Valiente
 November 1997

FIGURA 9

ARENAS INFERIORES DE LA FORMACIÓN MULICHINCO Sección Estratigráfica BB'



Nivelado al tope de la Arena LW SS1

Referencias:

- Areniscas
- Pelitas

GEOPHYSICAL MICRO COMPUTER APPLICATIONS
 Stratigraphic Cross Section BB' - Silvia Valente -
 November 1997.

FIGURA 10

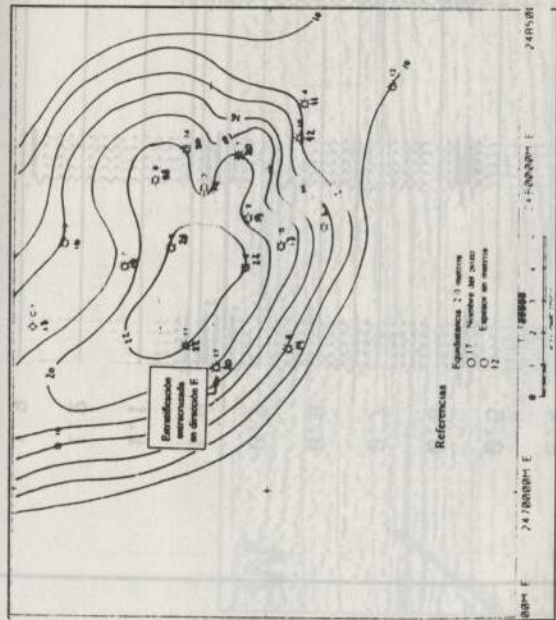


FIGURA11 - Mapa isopáquico de arena inferior SS1

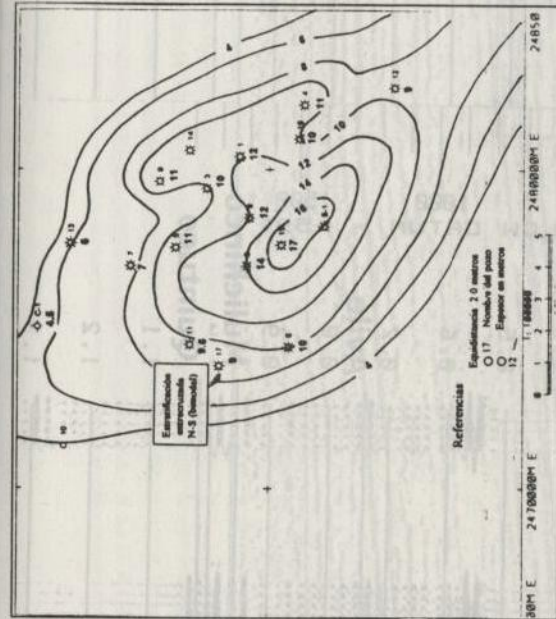


FIGURA12 - Mapa isopáquico de arena inferior SS2

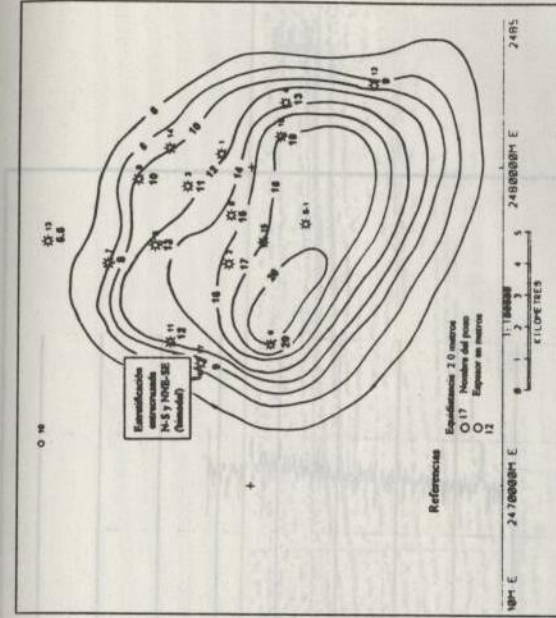


FIGURA13 - Mapa isopáquico de arena inferior SS3

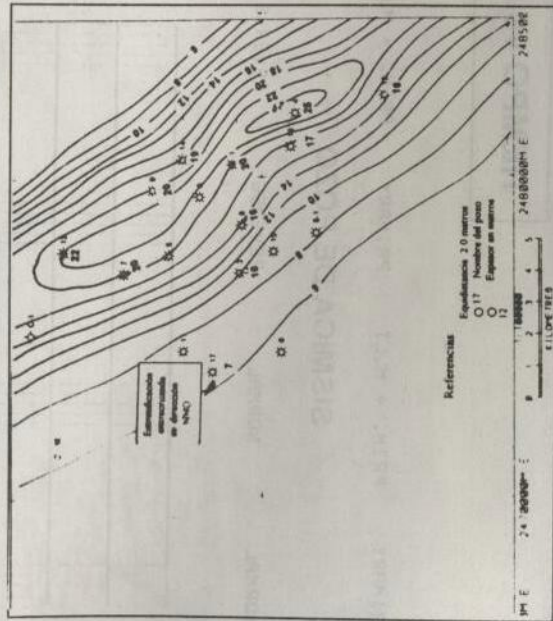


FIGURA14 - Mapa isopáquico de arena inferior SS4

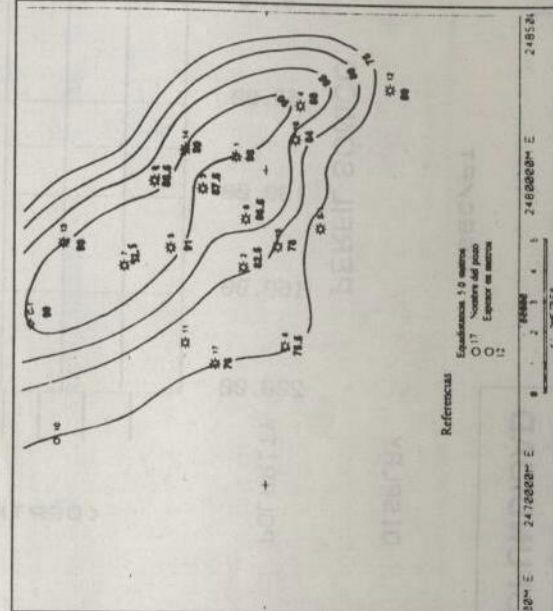


FIGURA15 - Mapa isopáquico total de las arenas inferiores

FIGURA 16

TIEMPO VS. PROFUNDIDAD

USEC/FT

DISPLAY

PRIMARY PRIM. + MULT PRIM. + MULT

PRIMARY PRIM. + MULT PRIM. + MULT

PRIMARY PRIM. + MULT PRIM. + MULT

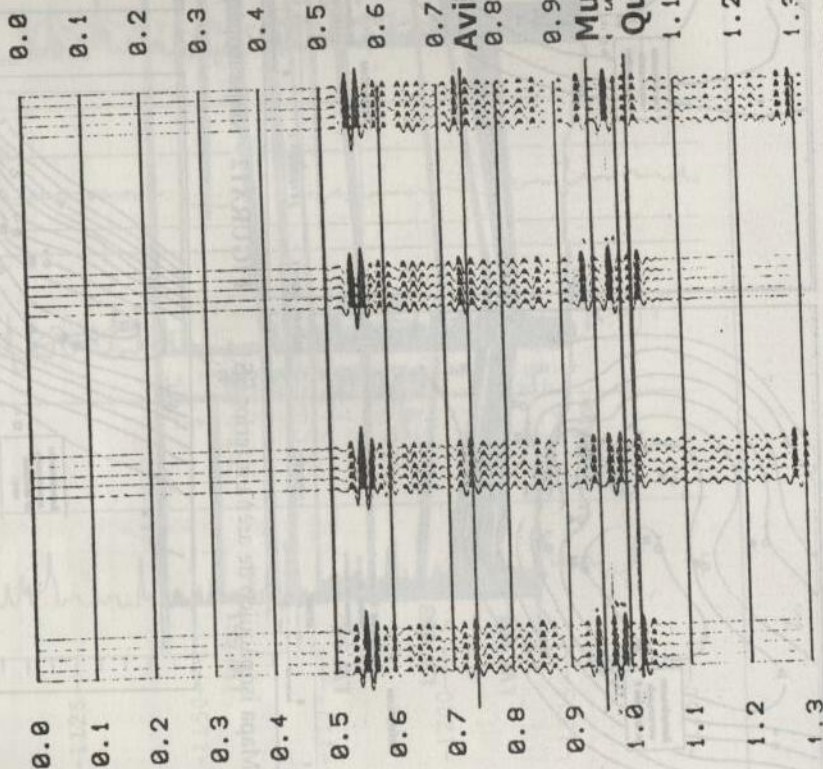
SISMICA DE POZO

PERFIL SÓNICO

0.00
50.00
100.00
150.00
200.00

POLARITY

500 1000 1500
(DEPTH BELOW DATUM = +59E



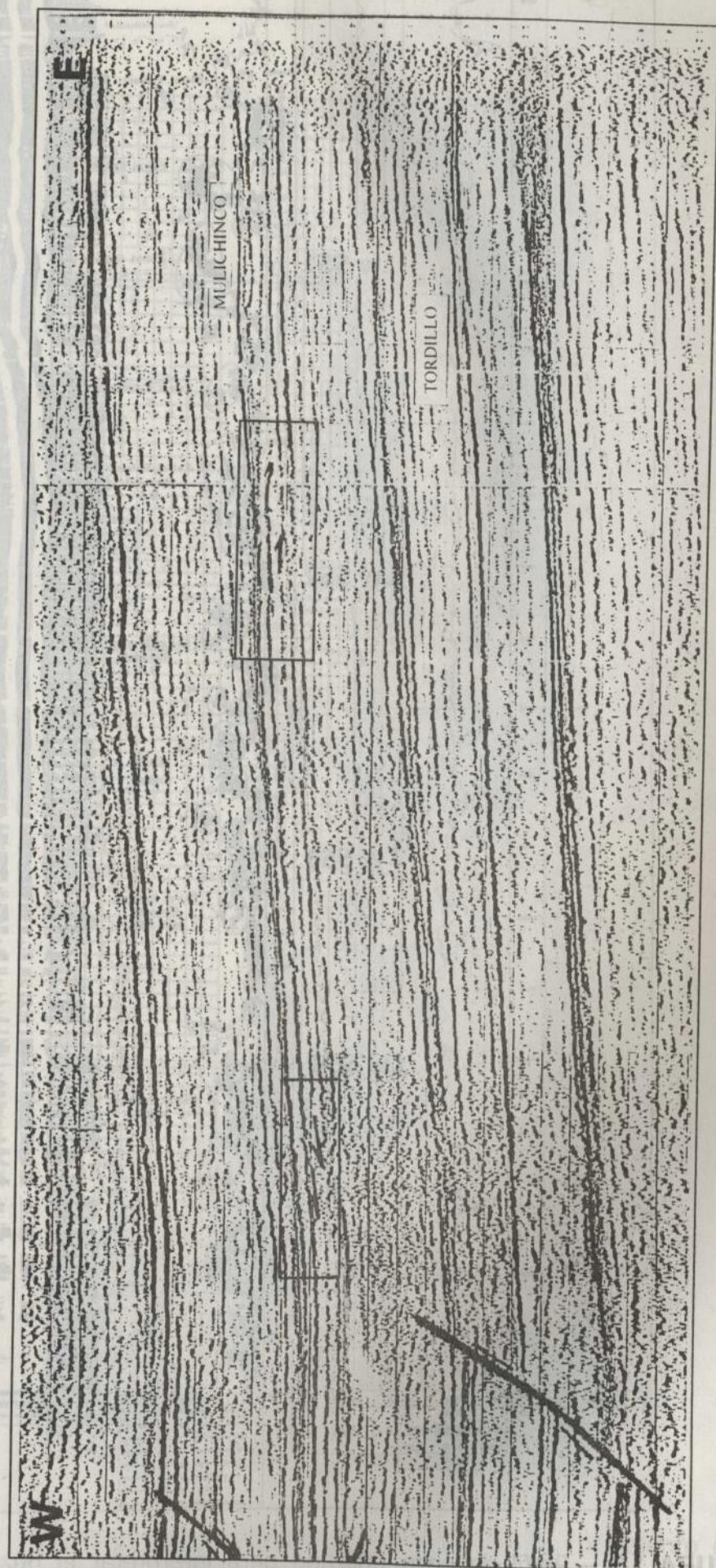


FIGURA 17 – Sección sísmica AA' – Se puede observar la continuidad en el espesor de la Formación Mulichinco, así como también las terminaciones 'downlaps y onlaps' que demuestran el carácter acrecional transgresivo de la secuencia deposicional para esta ubicación.

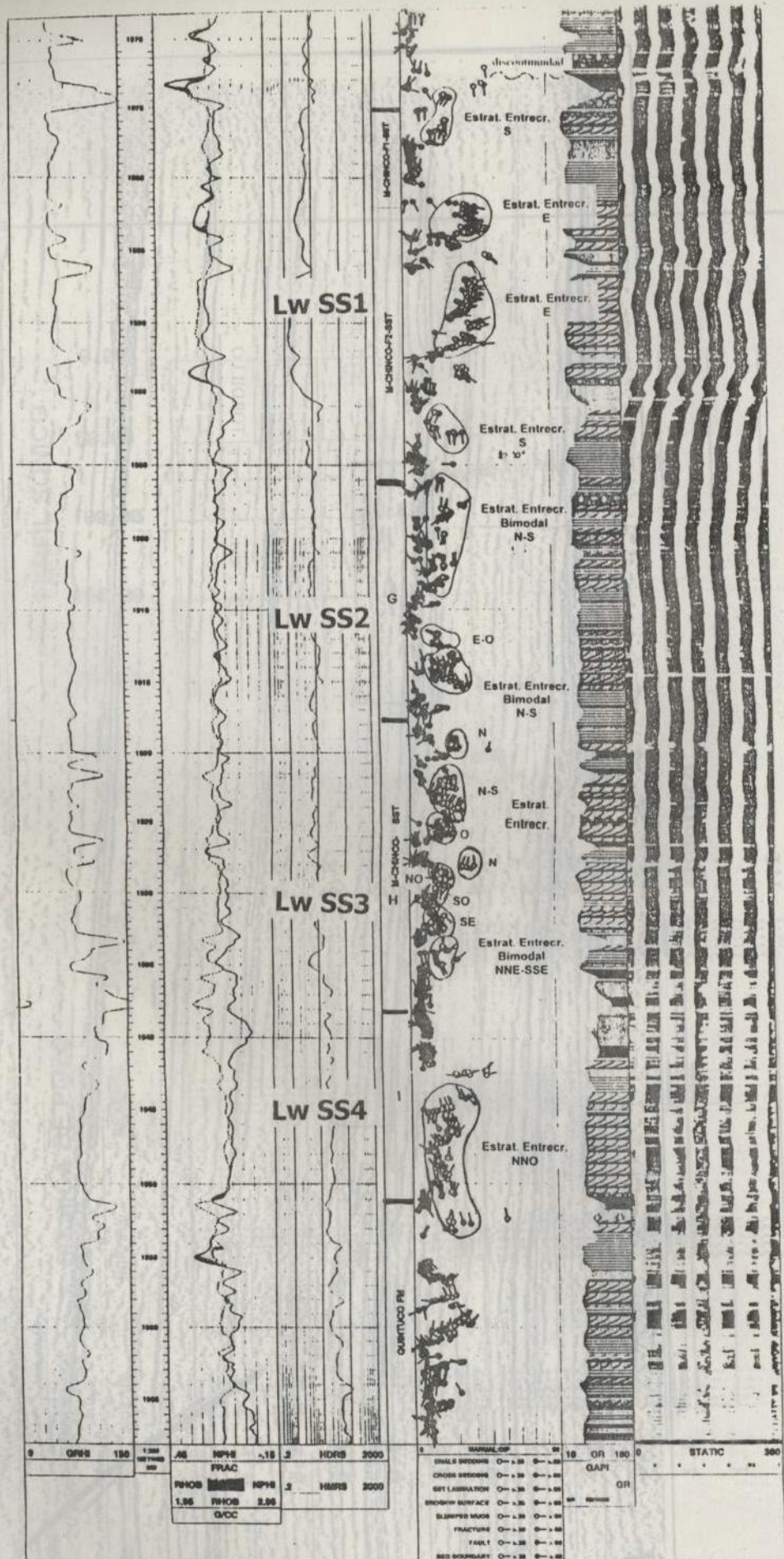


FIGURA 18 – Perfil de pozo utilizado para interpretar el buzamiento de las estructuras sedimentarias definidas en cada unidad.

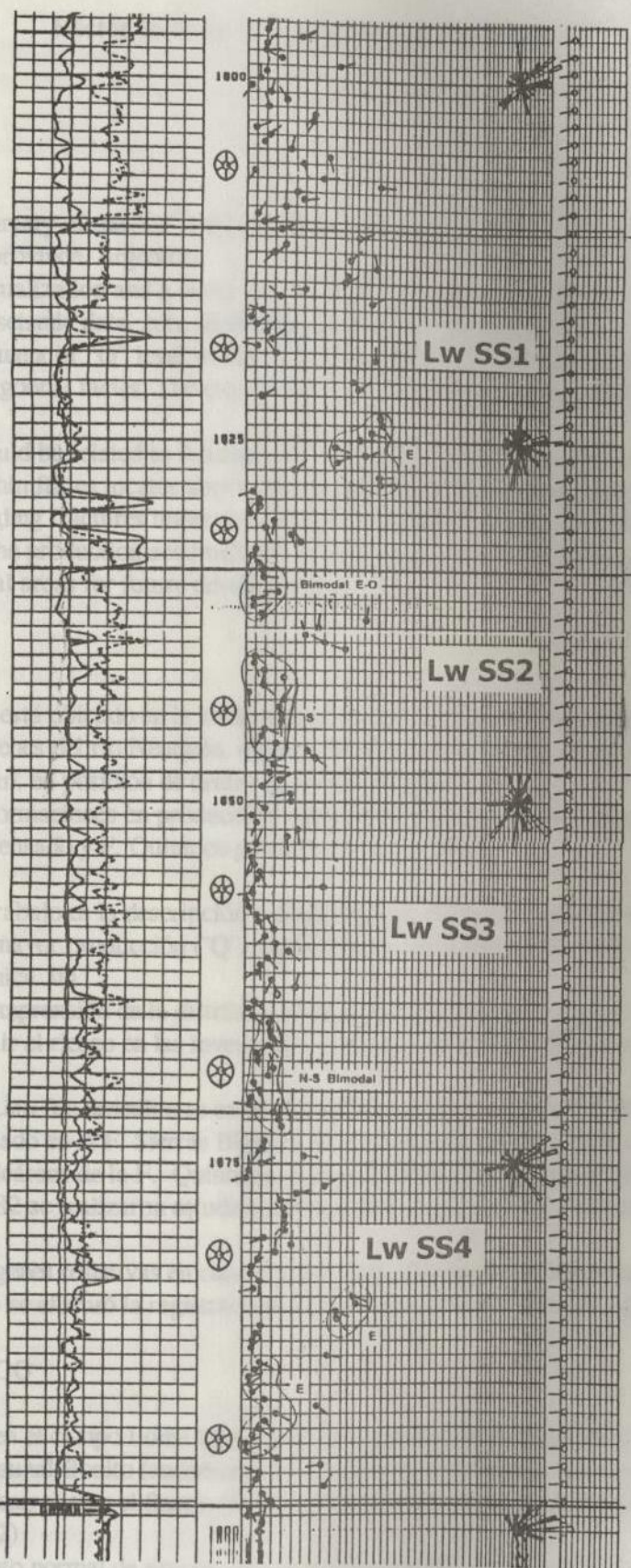


FIGURA 19 – Perfil de pozo utilizado para interpretar el buzamiento de las estructuras sedimentarias definidas en cada unidad.