

# Facies deltaicas del Jurásico medio en el oeste del Neuquén

Carlos Gulisano — Guillermo Hintervimmer

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis de facies del tramo superior de la Formación Los Molles y la parte inferior de la Formación Lajas (Aaleniano - Bajociano - Bajociano) en el flanco norte del Anticlinal Picún Leufú, en la región austral de la Cuenca Neuquina.

Se identificaron siete secuencias de facies correspondientes a los siguientes medios sedimentarios: plataforma costa afuera-prodelta, frente deltaico inferior-bahía interdistributaria, canales, barras de desembocadura, canales distributarios fluvio-mareales, llanuras de marca arenosa ("sand flat") y canales asociados y barras mareales subtidales.

La parte inferior de la secuencia analizada se habría depositado en un medio deltaico con influencia predominantemente fluvial y acción mareal subordinada. La parte superior en cambio, se habría depositado en un ambiente marino marginal, probablemente deltaico, con fuerte influencia mareal y acción fluvial subordinada.

## INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo fue realizar un detallado análisis de facies del tramo cuspidal de Formación Los Molles y de la Formación Lajas en el Anticlinal Picún Leufú, a fin de establecer un modelo sedimentario del intervalo.

A tal efecto se eligió el flanco norte de la estructura citada, por la calidad de sus afloramientos y por su continuidad lateral.

La zona de estudio se localiza en el Departamento Zapala (provincia del Neuquén), unos 35 km al sur de la ciudad homónima, desde las proximidades del puesto del Sr. Humberto Seguel (Puesto Seguel) hasta unos 5 km al suroeste (Fig. 1).

Los autores agradecen a la Gerencia General de Exploración de YPF la autorización para publicar estos resultados, al Lic. Salvador A. Minniti quien colaboró en la descripción del Perfil I y al Dr. Luis Cazau por la lectura crítica del original de este informe.

Un resumen de este trabajo fue presentado en la Primera Reunión Argentina de Sedimentología (Gulisano e Hintervimmer, 1986).

## METODO DE TRABAJO

En la primera etapa se describieron cinco perfiles estratigráficos de detalle (adjuntos N° 1, 2, 3, 4 y 5).

Estos perfiles fueron medidos con báculo de Jacob, describiéndose banco a banco, siendo pos-

teriormente representados en escala 1:100.

La descripción estuvo enfocada a obtener información acerca de la litología, estructuras sedimentarias, tipos de contactos, geometría de las capas y contenido paleontológico.

Se midieron además datos de paleocorrientes obtenidos a partir de la medición de la dirección de migración de ondulitas y capas frontales de estructuras entrecruzadas.

Se reconocieron en esta etapa las litofacies y secuencias de facies resultantes del agrupamiento natural entre las distintas litofacies.

Una vez descriptos los perfiles se graficaron en escala 1:100 y en escala 1:1000. Con los perfiles en escala 1:1000 se realizó un corte estratigráfico nivelado a la base de un cuerpo arenoso continuo en toda el área. Mediante el corte, se correlacionaron los cuerpos arenosos, tarea efectuada en el campo, siguiendo lateralmente cada nivel de interés.

Posteriormente se realizó un mapeo, donde se cartearon las secuencias de facies para poder visualizar en planta el desarrollo de cada una y sus relaciones laterales.

Finalmente se realizó el análisis de facies, su descripción sintética y su interpretación hidrodinámica a los efectos de conocer los procesos actuantes.

Con estos elementos se interpretó el ambiente de sedimentación de cada secuencia de facies y el ambiente mayor, más complejo, que resulta de la integración de todos los datos.

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La zona estudiada se localiza en el sector suroccidental de la Cuenca Neuquina, en el sur de lo que se conoce como Área Andina.

El tramo de columna estudiado corresponde a la parte superior de la Formación Los Molles y el tramo inferior de la Formación Lajas, ambos definidos originalmente por Weaver (1931) y pertenecientes al Ciclo Cuyano (Groeber, 1946).

Ambas unidades presentan entre sí un claro recubrimiento diacrónico, donde la Formación Lajas eminentemente arenosa, de ambiente marino marginal a continental, traslapa regresivamente sobre la Formación Los Molles, mayormente pelítica, de ambiente de plataforma cos-

ta afuera hasta interior de cuenca.

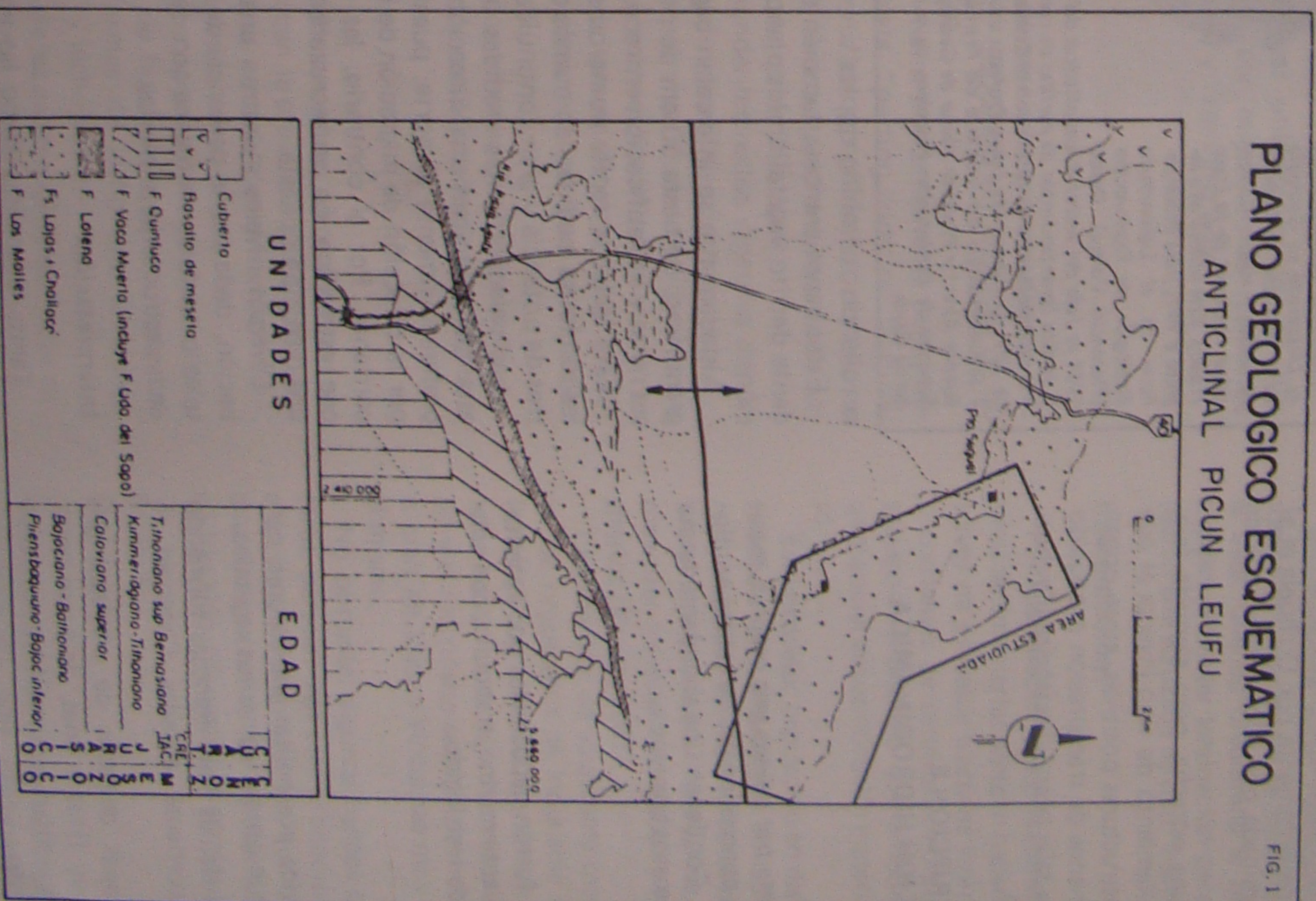
Esta sucesión, cuya edad va del Pliensbaquiano al Calloviano inferior, ha sido subdividida recientemente (Gulisano et al., 1984) en varias secuencias deposicionales en el sentido de Vail et al. (1977). Cada una de ellas representa un episodio de relleno sedimentario vinculado a cambios relativos del nivel del mar.

El tramo analizado corresponde a la parte superior de la secuencia deposicional C3 (Toarciano superior-Bayociano superior) y posiblemente el tramo inferior de la secuencia deposicional C4 (Bayociano superior a Calloviano inferior).

Desde el punto de vista paleogeográfico, estos depósitos están vinculados al borde austral de la cuenca. Las facies marino-marginales y continen-

## PLANO GEOLOGICO ESQUEMATICO ANTICLINAL PICUN LEUFU

FIG. 1



# Facies deltaicas del jurásico medio en el oeste del Neuquén

Carlos Gulisano – Guillermo Hinterwimmer

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis de facies del tramo superior de la Formación Los Molles y la parte inferior de la Formación Lajas (Aaleniano - Bajociano) en el flanco norte del Anticlinal Picún Leufú, en la región austral de la Cuenca Neuquina.

Se identificaron siete secuencias de facies correspondientes a los siguientes medios sedimentarios: plataforma costa afuera-prodelta, frente deltaico inferior-bahía interdistributaria, canales, barras de desembocadura, canales distributarios fluvio-mareales, llanuras de marea arenosa ("sand flat") y canales asociados y barras mareales subtidales.

La parte inferior de la secuencia analizada se habría depositado en un medio deltaico con influencia predominantemente fluvial y acción mareal subordinada. La parte superior en cambio, se habría depositado en un ambiente marino marginal, probablemente deltaico, con fuerte influencia mareal y acción fluvial subordinada.

## INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo fue realizar un detallado análisis de facies del tramo cuspidal de la Formación Los Molles y de la Formación Lajas en el Anticlinal Picún Leufú, a fin de establecer un modelo sedimentario del intervalo.

A tal efecto se eligió el flanco norte de la estructura citada, por la calidad de sus afloramientos y por su continuidad lateral.

La zona de estudio se localiza en el Departamento Zapala (provincia del Neuquén), unos 35 km al sur de la ciudad homónima, desde las proximidades del puesto del Sr. Humberto Seguel (Puesto Seguel) hasta unos 5 km al sureste (Fig. 1).

Los autores agradecen a la Gerencia General de Exploración de YPF la autorización para publicar estos resultados, al Lic. Salvador A. Minniti quien colaboró en la descripción del Perfil I y al Dr. Luis Cazau por la lectura crítica del original de este informe.

Un resumen de este trabajo fue presentado en la Primera Reunión Argentina de Sedimentología (Gulisano e Hinterwimmer, 1986).

## METODO DE TRABAJO

En la primera etapa se describieron cinco perfiles estratigráficos de detalle (adjuntos N° 1; 2; 3; 4 y 5).

Estos perfiles fueron medidos con báculo de Jacob, describiéndose banco a banco, siendo pos-

teriormente representados en escala 1:100.

La descripción estuvo enfocada a obtener información acerca de la litología, estructuras sedimentarias, tipos de contactos, geometría de las capas y contenido paleontológico.

Se midieron además datos de paleocorrientes obtenidos a partir de la medición de la dirección de migración de ondulitas y capas frontales de estructuras entrecruzadas.

Se reconocieron en esta etapa las litofacies y secuencias de facies resultantes del agrupamiento natural entre las distintas litofacies.

Una vez descritos los perfiles se graficaron en escala 1:100 y en escala 1:1000. Con los perfiles en escala 1:1000 se realizó un corte estratigráfico nivelado a la base de un cuerpo arenoso continuo en toda el área. Mediante el corte, se correlacionaron los cuerpos arenosos, tarea efectuada en el campo, siguiendo lateralmente cada nivel de interés.

Posteriormente se realizó un mapeo, donde se cartearon las secuencias de facies para poder visualizar en planta el desarrollo de cada una y sus relaciones laterales.

Finalmente se realizó el análisis de facies, su descripción sintética y su interpretación hidrodinámica a los efectos de conocer los procesos actuantes.

Con estos elementos se interpretó el ambiente de sedimentación de cada secuencia de facies y el ambiente mayor, más complejo, que resulta de la integración de todos los datos.

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La zona estudiada se localiza en el sector sur-occidental de la Cuenca Neuquina, en el sur de lo que se conoce como Area Andina.

El tramo de columna estudiado corresponde a la parte superior de la Formación Los Molles y el tramo inferior de la Formación Lajas, ambos definidos originalmente por Weaver (1931) y pertenecientes al Ciclo Cuyano (Groeber, 1946).

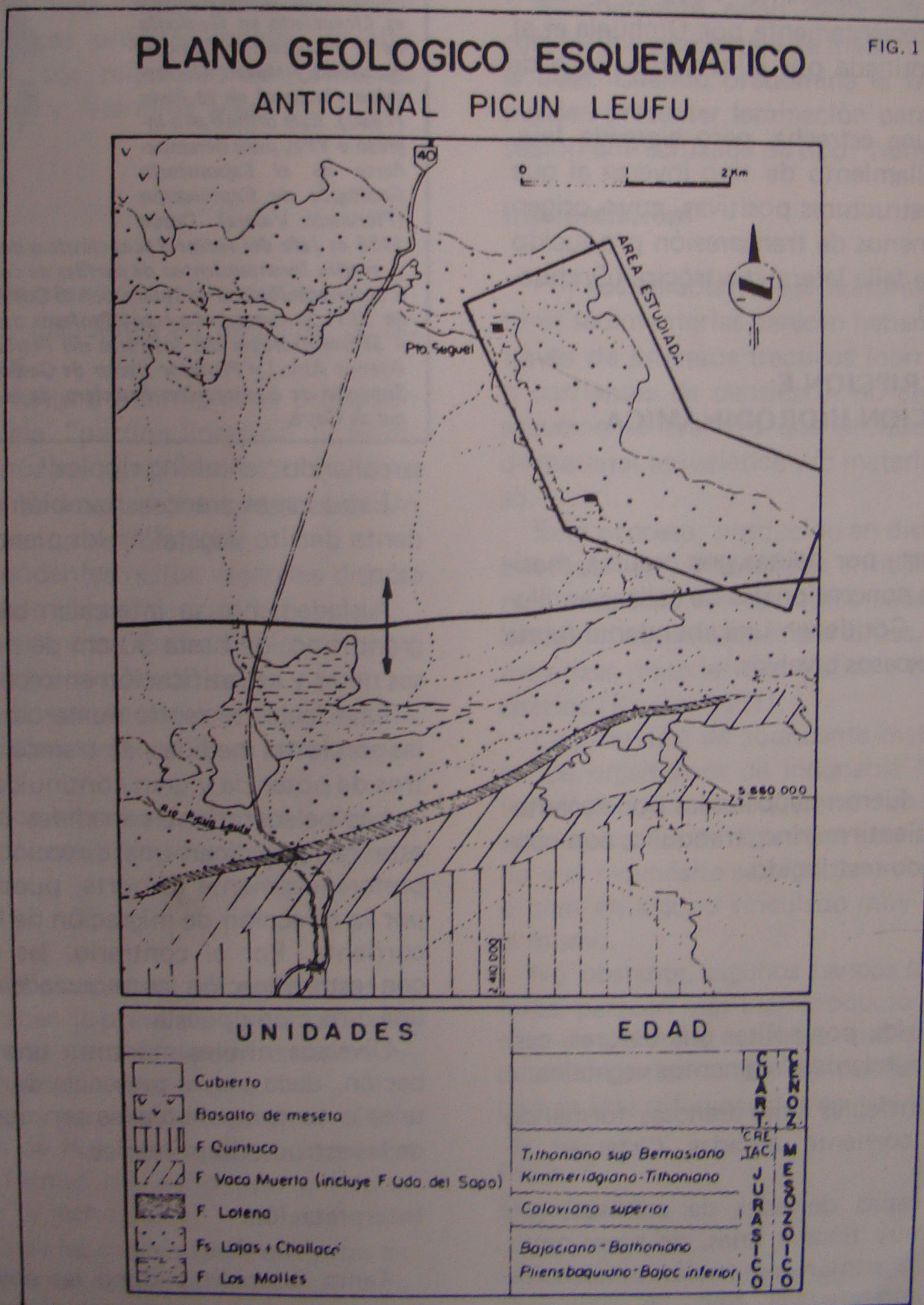
Ambas unidades presentan entre sí un claro recubrimiento diacrónico, donde la Formación Lajas eminentemente arenosa, de ambiente marino marginal a continental, traslapa regresivamente sobre la Formación Los Molles, mayormente pelítica, de ambiente de plataforma cos-

ta afuera hasta interior de cuenca.

Esta sucesión, cuya edad va del Pliensbaquiense al Caloviano inferior, ha sido subdividida recientemente (Gulisano et al., 1984) en varias secuencias deposicionales en el sentido de Vail et al. (1977). Cada una de ellas representa un episodio de relleno sedimentario vinculado a cambios relativos del nivel del mar.

El tramo analizado corresponde a la parte superior de la secuencia deposicional C3 (Toarciano superior-Bayociano superior) y posiblemente el tramo inferior de la secuencia deposicional C4 (Bayociano superior a Caloviano inferior).

Desde el punto de vista paleogeográfico, estos depósitos están vinculados al borde austral de la cuenca. Las facies marino-marginales y continen-



tales se desarrollan preferentemente hacia el sur y las facies de interior de cuenca hacia el nortenoeste. De esta forma la dirección general de transporte del sistema fluvial, como así también la dirección general de progradación es hacia el nor-noreste.

La zona estudiada está localizada en el flanco norte del Anticlinal Picún Leufú. Esta estructura marcadamente asimétrica, con el flanco sur más abrupto, presenta una dirección aproximada esteoeste, prolongándose hacia el este en la estructura positiva de Co. Lotena. Hacia el oeste forma un arco que tuerce al sur y se continúa en las estructuras positivas de Chacaico-Charahuilla, a cuyos núcleos aflora el "Basamento" de la cuenca.

Toda esta zona está estrechamente vinculada a la denominada antiguamente "Área de Dorsal", reinterpretada recientemente por Orchuela et al. (1981) y denominada por ellos como Falla de Huinul.

Se trata de una estrecha, pero alargada faja, afectada por fallamiento de tipo inverso al que se asocian las estructuras positivas, cuyo origen se debe a fenómenos de transpresión producido a lo largo de una falla lateral dextrógira (Orchuela et al., op. cit.).

## FACIES. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN HIDRODINÁMICA

### Facies 1

#### Descripción:

Está compuesta por pelitas gris oscuras, masivas, con niveles concrecionales de calizas arcillosas (mudstone). Contienen una abundante fauna de amonitas y escasos bivalvos.

#### Interpretación:

Estas pelitas fueron depositadas por decantación en un ambiente marino, tranquilo, con condiciones de fondo restringido.

### Facies 2

#### Descripción:

Está constituida por pelitas gris oscuras, carbonosas, con abundantes fragmentos vegetales.

Presentan lentículas limo-arenosas formando ondulitas de corriente aisladas ("starved ripples").

Intercalan capas delgadas de areniscas gris amarillentas, muy finas a finas, de bases netas. Internamente presentan laminación paralela, estratificación entrecruzada tipo "hummocky" (lámina II) y ondulitas de corriente, a veces de-

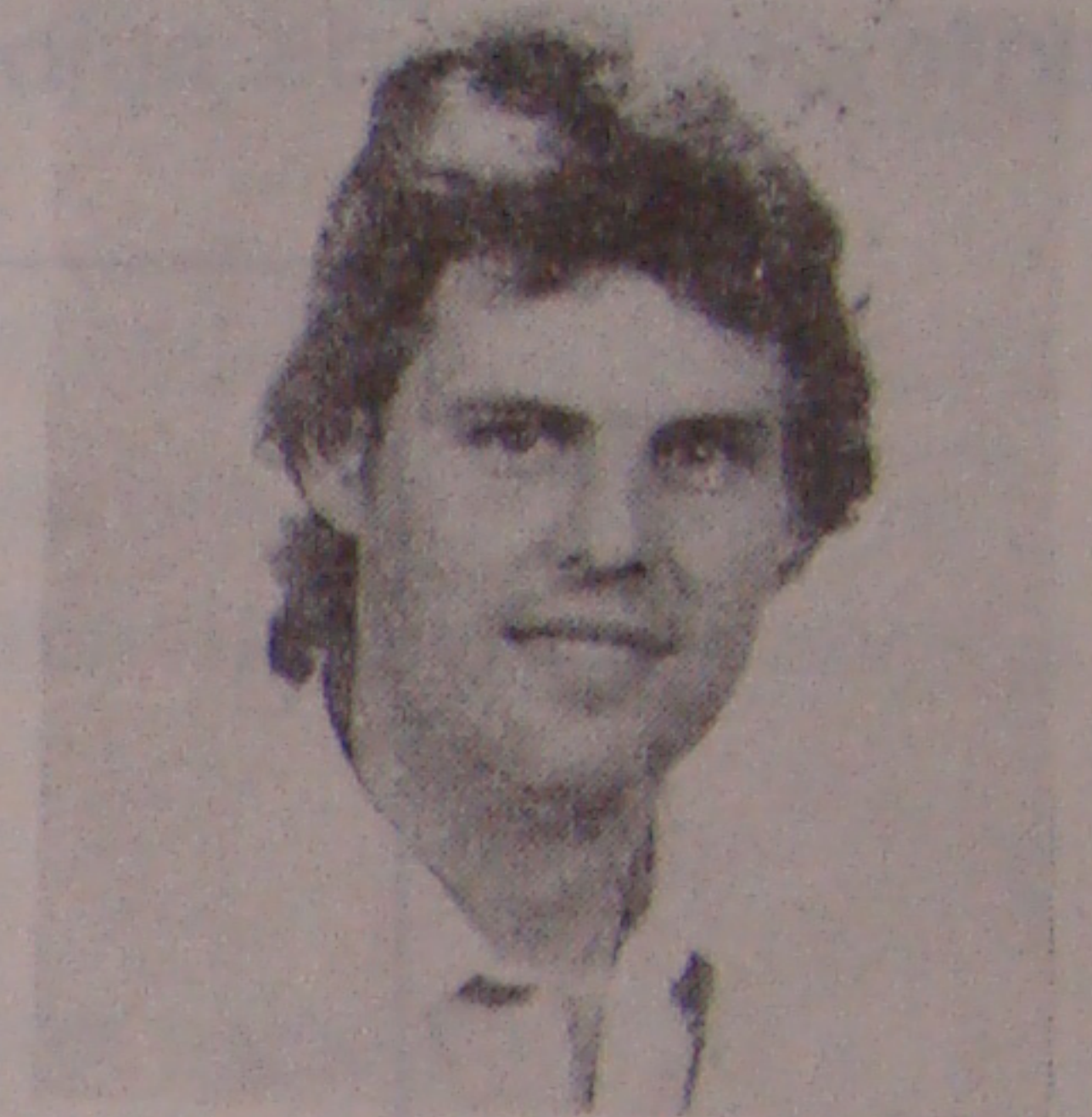
## LOS AUTORES...

**Carlos Gulisano** es Licenciado en Geología de la Universidad de Buenos Aires (1976). Realizó el curso de especialización (Geología del Petróleo) en el Instituto del Petróleo (UBA) en 1976 e ingresó a YPF



como geólogo ayudante en la Comisión Geológica N° 1, donde se desempeñó hasta 1979. Realizó trabajos de geología de superficie en el Oeste de Neuquén y Sur de Mendoza. Entre 1980 y 1985 fue jefe de la misma Comisión. En 1986 fue designado coordinador geológico en el Departamento Geofísico Neuquén y actualmente es Geólogo del Departamento Geológico de Plaza Huinul. Es instructor de la Escuela de Análisis de Facies Clásticas de la Gerencia General de Exploración y Profesor Adjunto de Geología Argentina en la Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca).

**Gerardo Hinterwimmer** es Licenciado en Geología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata (1980). Este último año ingresó a YPF, para desempeñarse en el Laboratorio Geológico de Exploración (Florencio Varela). Desde



1984 es jefe del sector Rocas clásticas del mismo laboratorio y, realiza levantamientos de perfiles de campo, estratigráficos y sedimentológicos de detalle con la Comisión Geológica N° 1 de YPF. Se desempeña como Profesor titular de Estratigrafía y Sedimentología del Instituto del Petróleo (Universidad de Buenos Aires) y Profesor titular de Geología III del Instituto Superior de Exploración Petrolera, de la Universidad Nacional de Cuyo.

sarrollando "climbing ripples".

Estas capas arenosas también presentan abundante detrito vegetal en los planos de estratificación.

Aisladamente se intercalan capas arenosas de grano fino, de hasta 30 cm de potencia, con bases netas y estratificación entrecruzada planar.

Esta facies se repite numerosas veces en todas las secciones medidas, en tramos de hasta 30 metros de potencia y gran continuidad lateral.

Las paleocorrientes medidas u observadas en esta facies indican una dirección de transporte preferencialmente al norte, puesta en evidencia por la dirección de migración de las ondulitas de corriente. Por el contrario, las capas arenosas con estratificación entrecruzada planar indican una dirección opuesta.

Diversos niveles muestran una fuerte bioturbación, dada por la presencia de tubos horizontales o texturas moteadas con destrucción total de las estructuras primarias.

#### Interpretación:

Tanto las pelitas como las areniscas, por su granulometría fina remarcan el carácter prevaleciente de la carga en suspensión.

El proceso principal está dado por la decantación de las pelitas en un medio tranquilo, subacuático, acompañado de volúmenes importantes de detrito vegetal.

Las ondulitas de corriente aisladas, así como las capas arenosas, sugieren por sus estructuras sedimentarias, la presencia de corrientes tractivas unidireccionales que se desaceleran.

El tipo de estructuras sedimentarias indican por un lado la acción de corrientes tractivas de alto régimen de flujo (Simons et al., 1965), que al desacelerarse y a favor de la presencia de gran cantidad de material en suspensión, generan procesos combinados de tracción-decantación (Sanders, 1965).

Es oportuno destacar que en este trabajo se interpreta que la génesis de la estratificación entrecruzada tipo "hummocky" se debe a corrientes tractivas unidireccionales de alto régimen de flujo, con migración de formas de lecho tipo antiduna y "standing wave".

### **Facies 3**

#### **Descripción:**

Se compone de areniscas gris amarillentas, finas y muy finas, dispuestas en paquetes de 50 cm hasta 3 metros.

Sus bases son netas e internamente presentan laminación paralela, "parting lineation" y estratificación entrecruzada tipo "hummocky", aunque a veces los bancos pueden presentarse sin estructuras sedimentarias (lámina I).

Contienen abundantes restos vegetales dispersos en los planos de estratificación.

Estos bancos arenosos están amalgamados o separados por particiones arcillosas.

Respecto de la estrato fábrica, estos bancos son en general tabulares, con gran continuidad lateral.

Algunos tramos arenosos, masivos y fuertemente bioturbados son asignados a estas facies.

#### **Interpretación:**

El tipo de depósitos como sus estructuras sedimentarias, indican la presencia de carga en suspensión depositada a través de corrientes tractivas unidireccionales que desaceleran.

Estas corrientes parecen haberse desarrollado con un régimen de flujo alto o supercrítico, con migración de formas de lecho tipo antiduna, "standing wave" y lecho plano.

La geometría de las capas sugiere que estas corrientes no estuvieron canalizadas, desarrollándose abruptamente en el medio propio de la Facies

2, es decir un medio subacuático tranquilo, donde imperaba la depositación por decantación.

### **Facies 4**

#### **Descripción:**

Se trata de sedimentos arenosos limosos con abundante cemento calcáreo-dolomítico-ferruginoso, conteniendo gran cantidad de fragmentos de valvas de moluscos, cefalópodos, corales, troncos y restos vegetales. A veces llegan a constituir verdaderas calizas (packstone esqueléticos) (lámina I). Localmente contienen clastos tamaño grava (de 1 a 3 cm) dispersos).

Se disponen en bancos irregulares, pero de gran continuidad lateral, con bases netas y erosivas.

Internamente están desorganizados, a veces con mayor porcentaje de material esquelético en la base. Cuando predomina la fracción arenosa pueden presentar laminación paralela o estratificación entrecruzada de tipo "hummocky".

#### **Interpretación:**

Por sus características texturales y sus estructuras sedimentarias parecen haberse depositado a través de procesos tractivos (corrientes tractivas o corrientes de densidad), no canalizadas, pero suavemente erosivas que producen redepósitos de material esquelético y/o material clástico grueso.

Este proceso, producido en distintas partes de la secuencia e intercalado en facies diversas, parece resultado de episodios catastróficos, posiblemente tormentas importantes, capaces de remover material esquelético y gravas y redepositarlos (Kreisa, 1981).

La presencia de abundante material esquelético de organismos de indudable hábitat marino (cefalópodos, corales) ponen en evidencia que tales episodios se registraron en un medio marino y el redepósito se produjo en el mismo medio o bien en alguno vinculado muy estrechamente al mismo.

No obstante, algunos bancos calcáreos fosilíferos, parecen más bien producto de la colonización de un fondo arenoso que el depósito residual de corrientes por tormentas. Sin embargo no han sido diferenciados en este trabajo.

### **Facies 5**

#### **Descripción:**

Se compone de areniscas medianas y gruesas, localmente conglomerádicas gris claras.

Presenta base neta y fuertemente erosiva y geometría a gran escala lenticular. Internamente se observa estratificación entrecruzada festoneada de gran escala y estratificación entrecruzada planar en menor proporción (lámina II).

#### Interpretación:

La geometría externa y las estructuras sedimentarias indicarían la presencia de corrientes tractivas, desarrolladas en un medio canalizado con carga de lecho que migra por el fondo del canal como megaóndulas de crestas sinuosas (dunas) y en menor proporción rectas ("sand waves") (Harms y Fahnestock, 1965; Harms et al., 1975).

Esta canalización corta erosivamente a la facies 2 (pelitas carbonosas) y a las facies 3 (areniscas finas con estratificación entrecruzada tipo "hummocky").

#### Facies 6

##### Descripción:

Está constituida por pelitas carbonosas, gris oscuras y areniscas finas y muy finas gris amarillentas que alternan entre sí. El material vegetal fragmentario es abundante y común en ambos tipos litológicos.

Las pelitas presentan lentículas aisladas limo-arenosas formando ondulitas de corriente ("starved ripples"). En algunos casos se interestratifican con capitas arenosas con óndulas de oscilación produciendo estratificación ondulada ("wavy bedding") y estratificación lenticular ("lenticular bedding"). Estas, muestran en el techo pistas de organismos del tipo "snail trails".

Las capas arenosas se presentan en bancos de hasta 40 cm, de bases netas y planas, algunas con gradación normal. Internamente muestran laminación paralela, estratificación entrecruzada de tipo "hummocky" o masivas. Algunas capas rematan con óndulas de corriente, en cambio otras muestran en el lecho un pequeño retrabajamiento por ola (láminas III y IV).

Estas capas son en general tabulares, pero algunas se adelgazan suavemente en la dirección de transporte, acuñándose dentro de las pelitas. Algunas capas además, son fuertemente lenticulares como resultado de fenómenos de erosión posteriores a la depositación de la capa, con recubrimiento subsecuente de pelitas que traslapan sobre la superficie de erosión.

La parte superior de esta facies muestra estratificación oblicua de gran escala, con sentido de acreción lateral hacia el norte, en tanto que el tramo inferior es horizontal.

Localizadamente se constató la presencia de estratificación entrecruzada planar, con dirección de migración pendiente arriba de las láminas oblicuas de gran escala, es decir en sentido opuesto a la dirección principal de paleocorriente.

Por otra parte, las capas frontales de las ondulitas de corriente y la dirección de acuñamiento de las capas arenosas, indican paleocorrientes hacia el norte, en coincidencia con la dirección de acreción que se evidencia en la parte superior de esta facies que se remarca en toda la facies 7 que se desarrolla transicionalmente por arriba.

Como característica remarcable cabe señalar que esta facies muestra un incremento progresivo del espesor de los bancos arenosos hacia arriba, acompañado de una disminución del porcentaje de pelitas, produciendo una secuencia de incremento de espesor de capa ("thickening upward sequence").

#### Interpretación

El material presente es fundamentalmente carga en suspensión. Puede decirse que los procesos actuantes son dos, que actúan alternativamente.

Por un lado se puede definir la presencia de corrientes tractivas unidireccionales no canalizadas, que con un régimen de flujo alto o supercrítico producen la migración de arena bajo la forma de antidunas, "standing waves" y lecho plano de alto régimen (Simons et al., 1965). En esta última es posible, además, identificar procesos de tracción decantación (Sanders, 1965) a favor de la gran cantidad de material en suspensión presente.

La alternancia con capas arcillosas sugiere que estas corrientes se desaceleran dando lugar a la depositación por decantación del material más fino. En esta etapa son identificables aún procesos tractivos menores, posiblemente vinculados a la parte final, más diluida, de corrientes mayores. Finalmente se reconoce la acción de pequeñas olas que retrabajan el tope de los bancos arenosos.

La presencia de acuñamientos por erosión de capas arenosas y el posterior relleno de la depresión por pelitas, sugiere la existencia de fuertes corrientes o avenidas de agua que produjeron la erosión pero no depositaron material alguno en ella. Por el contrario, el relleno se produjo en una etapa posterior con predominio del proceso de decantación.

El carácter "no canalizado" de las capas arenosas, así como la tendencia constructiva dada por el espesamiento de los paquetes arenosos ha-

cia arriba junto con el carácter acrecional del depósito ponen en evidencia el crecimiento de una barra sobre un substrato constituido por facies pelíticas (facies 2).

### **Facies 7**

#### **Descripción:**

Está compuesta por areniscas finas a medianas, ocasionalmente gruesas, de color gris claro.

Se presentan formando paquetes espesos de hasta 5 metros, separados ocasionalmente por delgadas capas arcillosas (lámina III).

Internamente, cada capa presenta laminación paralela, estratificación cruzada de tipo "hummocky" y localmente ondulitas de corriente y estratificación flaser. Ocasionalmente se presenta estratificación entrecruzada planar de escala mediana y pequeña.

Los bancos están amalgamados y a veces es difícil precisar los límites de las capas; cuando ello es posible, se observa que las bases de las mismas son netas y planas.

El techo de algunas capas presentan retrabajamiento con óndulas simétricas y pistas de organismos sobre las mismas.

Algunas capas se encuentran fuertemente modificadas por bioturbación y todo el conjunto contiene abundante material vegetal detrítico.

En conjunto, esta litofacies suele mostrar laminación oblicua de gran escala, a veces remarcada por particiones arcillosas, con dirección de acreción hacia el nor-noroeste (N340°). Las ondulitas de corriente muestran idéntica dirección de transporte, en tanto que las capas con entrecruzamiento planar muestran dirección de paleocorrientes tanto hacia el norte como hacia el sur. Estos últimos, trepan pendiente arriba sobre las láminas oblicuas de gran escala.

Esta facies muestra en sentido vertical un incremento del espesor de las capas y de la granulometría ("thickening and coarsening upward sequence"), al mismo tiempo que las estructuras sedimentarias se hacen más difusas.

#### **Interpretación:**

Esta litofacies que presenta porcentajes similares de carga suspendida y carga de lecho denota haberse depositado a través de la sobreimpresión de corrientes tractivas unidireccionales y bidireccionales. Las primeras con regímenes de flujo alto o supercrítico (antiduna, lecho plano) a bajo (sand waves), y las segundas con régimen bajo (Simons et al., 1965).

Ocasionalmente se producen pausas en el sistema, lo que permite la depositación de pelitas

por decantación y la acción de pequeñas olas que producen el retrabajo del tope de las capas.

Las superficies de acreción lateral y la tendencia vertical, grano y estrato creciente, sumado al desarrollo transicional sobre la litofacies anterior pelítico-arenosa (facies 6) ponen en evidencia un proceso constructivo acrecional y agradacional, con apilamiento de términos cada vez más proximales.

La presencia de estructuras entrecruzadas de bajo régimen de flujo, trepando las pendientes de las láminas oblicuas sugiere la presencia de corrientes tractivas opuestas a la dirección de las corrientes principales que producen el crecimiento y avance de la barra. Si bien estas estructuras son relativamente infrecuentes, su sola existencia y preservación son indicadoras de que las corrientes que las formaron tuvieron la suficiente magnitud e importancia como para generar el crecimiento y migración de megaóndulas por la pendiente de la barra.

### **Facies 8**

#### **Descripción:**

Se compone de areniscas gris blanquecinas, de grano mediano a grueso, ocasionalmente conglomeráticas, con clastos de hasta 2 cm, aislados.

Algunos bancos muestran bases profundamente erosivas, constituyendo cuerpos espesos e irregulares. En otros casos las bases son rectas a suavemente irregulares y en otros no es posible definir las (lámina III).

Internamente estas areniscas muestran intraclastos pelíticos, estratificación entrecruzada festoneada en general difusa, acompañada por estratificación entrecruzada tipo "hummocky" y planar. Muchos bancos se presentan masivos.

Los techos de algunos bancos presentan retrabajamiento con óndulas de oscilación.

Esta facies se desarrolla transicionalmente sobre la Facies 7.

#### **Interpretación:**

Está constituido casi exclusivamente de carga de lecho, transportada por corrientes tractivas unidireccionales, en partes canalizados, con régimen de flujo por lo general bajo, excepcionalmente alto (Harms y Fahnestock, 1965; Harms et al., 1975).

Las modificaciones por ola, que se verifican en el techo de algunos bancos en el interior de esta facies, indican condiciones de depositación subácuas.

## **Facies 9**

### **Descripción:**

Está constituida fundamentalmente por areniscas arcillosas de grano fino a mediano. Se intercalan delgadas particiones arcillosas con ondulitas aisladas (lámina V, foto superior).

Presentan en el interior estratificación entrecruzada tipo "hummocky" de escala mediana y grande y laminación paralela. En forma ocasional se asocian a estas estructuras sets con estratificación cruzada de tipo sigmoidal, óndulas de oscilación y estratificación flaser.

Un aspecto remarcable es la presencia en esta facies de un banco de gran continuidad lateral, constituido en el tramo basal por areniscas bioturbadas y areniscas con estratificación entrecruzada planar de escala pequeña con superficies de reactivación y hacia arriba areniscas con estratificación entrecruzada sigmoidal de escala grande con fuertes superficies de reactivación y megaóndulas pequeñas que ascienden por las capas frontales de la estructura mayor (lámina V, foto inferior). El sentido de las paleocorrientes es hacia el norte y en forma subordinada al sur.

Algunos tramos de esta facies se presentan fuertemente bioturbados, otros muestran abundante detrito vegetal.

La base de esta litofacies es de naturaleza abrupta, apoyando en forma neta sobre la Facies 2 (pelítica) con un tramo basal de pocos centímetros de grano grueso a microconglomerádico. La continuidad lateral es importante.

### **Interpretación:**

La granulometría indica la presencia de carga de lecho y en parte carga en suspensión.

El proceso principal parece haber sido el de la acción de corrientes tractivas unidireccionales de alto régimen de flujo (antidunas, lecho plano).

Acompañando al anterior se verifica la presencia de procesos dados por corrientes tractivas bidireccionales. Este tipo de corrientes es responsable de la migración de crestas rectas ("sand waves") cuya variación en el espesor de las láminas frontales ponen de manifiesto cierta actividad cíclica del proceso.

Se infiere que estas corrientes tractivas serían de origen mareal, hecho que explicaría la ciclicidad observada (Visser, 1980; Boersma y Terwindt, 1981; Terwindt, 1981). El carácter cíclico de las mareas, junto con el carácter frecuentemente asimétrico entre las mareas de bajante ("ebb") y la marea ascendente ("flood") (Boersma y Terwindt, 1981) genera por un lado

la estratificación entrecruzada de tipo sigmoidal (Terwindt, 1981) y por el otro es responsable de la existencia de superficies de reactivación (Klein, 1970; Mowbray y Visser, 1984) y eventualmente de la presencia de óndulas o megaóndulas que ascienden pendiente en contra de las láminas frontales que resultan de la corriente principal (Klein, 1970; Boersma y Terwindt, 1981, Allen y Homewood, 1984).

En el caso que nos ocupa, dado la paleogeografía general conocida para la unidad y las paleocorrientes de las estructuras tractivas de las corrientes tractivas unidireccionales de alto régimen de flujo, se deduce que la corriente mareal predominante es la de bajante ("ebb") hacia el norte y la subordinada es la de pleamar ("flood") en dirección opuesta.

## **Facies 10**

### **Descripción:**

Se compone de areniscas medianas y gruesas, hasta conglomerádicas de color gris (lámina VI).

Constituyen espesos cuerpos, con capas individuales de 0,30 m hasta 2 metros, con bases netas. Internamente estas capas presentan como estructura dominante, estratificación entrecruzada planar. La mayoría de estas estructuras son de escala mediana, de alto ángulo y con espesor de lámina uniforme. En menor proporción son de escala grande, con láminas asintóticas hacia la base y de espesor variable. Estas últimas estructuras muestran a veces un cambio lateral, pasando a estratificación entrecruzada festoneada con artesas amplias y moco marcadas. Todo este conjunto de estructuras desarrolla frecuentemente superficies de reactivación.

Con menos frecuencia se observa estratificación entrecruzada sigmoidal y estratificación entrecruzada festoneada. Las bases de los bancos son netas y planas y los mismos tienen moderada continuidad lateral.

Muchos planos de estratificación están remarcados por la presencia de óndulas de oscilación con bioturbaciones horizontales, presentando también dichos planos abundantes bivalvos.

Se encontraron además restos de troncos de hasta 1,5 metros de diámetro y más de 5 metros de largo.

El análisis de paleocorrientes revela una tendencia principal hacia el norte y una subordinada hacia el oeste. Ambas con corrientes subordinadas en sentido contrario.

Se observa un incremento de la granulometría hacia la parte media.

Esta facies apoya transicionalmente sobre la

Facies 9, aunque mediando entre ambas un pasaje rápido.

#### **Interpretación:**

El material corresponde a carga de lecho, afectado por corrientes tractivas unidireccionales y bidireccionales.

La mayor parte de esta facies parece haber sido depositada a través de corrientes tractivas unidireccionales, con bajo régimen de flujo, produciendo la migración de megaóndulas de crestas rectas ("sand waves") (Harms et al., 1975) hacia el norte y hacia el oeste principalmente.

Estos sets son retrabajados por efecto de olas (superficies con óndulas de oscilación) o bien por corrientes subordinadas que modifican parcialmente la forma de la megaóndula (superficies de reactivación) y ponen de relieve el carácter episódico de la migración de las formas de lecho.

Ocasionalmente corrientes tractivas opuestas producen la migración de formas idénticas en sentido contrario.

El régimen de flujo esporádicamente parece ser mayor, lo que produce la migración de megaóndulas de crestas sinuosas (dunas) (Harms et al., 1975, 1982).

Se interpreta que las corrientes subordinadas que producen migración de sets en sentido contrario a la dirección principal de transporte, se debena corrientes mareales de pleamar ("flood"), y que la dirección principal de transporte (hacia el norte y hacia el oeste) corresponde a corrientes que se originan en el continente, posiblemente fluviales en origen, que ingresan a un medio marino marginal y se superimponen a las corrientes mareales de bajante ("ebb").

La existencia de acción mareal queda puesta en evidencia además, por la presencia de sets con estratificación entrecruzada sigmoidal (Terwindt, 1981; Kohsiek y Terwindt, 1981).

#### **Facies 11**

##### **Descripción:**

Está constituida por areniscas gruesas a muy gruesas, en parte conglomerádicas, de color amarillo y gris amarillento claro (lámina VII).

Conforman espesos bancos de hasta 9 metros de potencia, con bases netas y erosivas hasta fuertemente erosivas.

Internamente presentan gradación normal y estratificación entrecruzada festoneada de escala grande y en forma subordinada, estratificación entrecruzada planar.

Son frecuentes las estructuras de escape de

agua que modifican total o parcialmente la estratificación.

La geometría de los cuerpos es irregular.

Las paleocorrientes indican una dirección de transporte hacia el norte, aunque también se registraron hacia el sudoeste.

Es común la presencia de troncos silicificados de dimensiones importantes.

#### **Interpretación:**

Se interpreta que el proceso dominante estuvo dado por corrientes tractivas unidireccionales, encauzadas, que produjeron la migración en el fondo de los canales de megaóndulas de gran tamaño y crestas sinuosas (dunas), lo que pone en evidencia un régimen de flujo bajo (Harms y Fahnestock, 1965; Simons et al., 1965; Harms et al., 1975).

#### **Facies 12**

##### **Descripción:**

Compuesta por areniscas medianas a gruesas, gris claras (lámina VII). Internamente presentan estratificación entrecruzada sigmoidal de diversas escalas, bien desarrolladas, con estratificación ondulada y estratificación flaser al pie de las láminas frontales.

Se observa además estratificación entrecruzada planar con ángulo alto y espesor de láminas uniforme. En ocasiones con sets superpuestos bidireccionales (estratificación entrecruzada tipo "herringbone") (lámina VII, foto inferior).

En todo el espesor es frecuente la presencia de óndulas de oscilación y estratificación flaser.

En conjunto, esta facies presenta estratofábrica tabular, con espesores de 2 a 4 metros y relaciones de base y techó netos, apoyando y siendo cubierta por la Facies 11.

Las paleocorrientes medidas indican un dominio de corrientes hacia el sur, con corrientes subordinadas hacia el norte.

#### **Interpretación:**

Las estructuras sedimentarias sugieren la presencia de corrientes tractivas con una fuerte ciclicidad o periodicidad en su actividad (estratificación entrecruzada sigmoidal) por lo que se infiere un origen mareal para estas corrientes (Visser, 1980; Boersma y Terwindt, 1981; Terwindt, 1981).

La presencia de sets de estratificación entrecruzada tipo herringbone, revelan además un carácter bidireccional de estas corrientes, lo que

refuerza la idea de un origen mareal para estas corrientes tractivas (Klein, 1970).

### **Facies 13**

#### **Descripción:**

Se trata de pelitas gris verdoso-oscuro, limolitas y areniscas finas grises.

Conforman secuencias de gradación inversa fuertemente bioturbadas.

Son depósitos poco espesos cuya base es neta y son cubiertos transicionalmente por la Facies 14 de granulometría más gruesa.

#### **Interpretación:**

Se trata de depósitos constituídos por carga en suspensión y carga de lecho, depositada en un medio subácueo, sujetos a una intensa actividad orgánica.

La naturaleza granocreciente, sugiere una forma constructiva, posiblemente una barra.

### **Facies 14**

#### **Descripción:**

Se compone de areniscas medianas y muy gruesas grises (lámina VIII).

Conforman secuencias grano crecientes y estratocrecientes, internamente con estratificación entrecruzada planar de escala mediana y pequeña, estratificación entrecruzada sigmoidal y en menos proporción estratificación entrecruzada festoneada. Las bases de los sets festoneados presentan fragmentos de pelitas.

Las paleocorrientes medidas indican transporte hacia el sureste y este, con corrientes subordinadas hacia el norte.

#### **Interpretación:**

El carácter grano y estrato creciente, como así también su relación transicional sobre facies más finas bioturbadas, sugieren un mecanismo constructivo, agradacional para esta facies.

Se trataría de barras constituidas por corrientes tractivas bidireccionales y unidireccionales de origen mareal (Klein, 1970; Boersma y Terwindt, 1981), similares a las que Teyssen (1984) denominara como "subtidal sand wave".

### **ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS DE FACIES**

En función de los agrupamientos naturales de las facies entre sí, se han definido siete secuen-

cias de facies, constituída cada una por una o varias facies.

Cada una de estas secuencias de facies presenta en el campo características propias, distinguible entre sí, que se repiten en sentido vertical.

Las secuencias de facies se relacionan lateralmente entre sí según un patrón aparentemente definido.

En función de los procesos sedimentarios actuantes en cada secuencia de facies y que fueran definidos a partir de la interpretación hidrodinámica de cada facies, se infiere un ambiente de depositación particular para cada secuencia de facies (Figs. 2 y 3).

#### **Secuencia de Facies A**

##### **(Plataforma costa afuera-prodelta)**

Constituído exclusivamente por la Facies 1, presente en el tramo basal de la secuencia analizada.

Se interpreta que esta facies se depositó en un ambiente de plataforma costa afuera, posiblemente una plataforma prodeltaica.

#### **Secuencia de Facies B**

##### **(Frente deltaico inferior-bahía interdistributaria)**

Está constituída por las Facies 2, 3 y 4 que alternan entre sí, con predominio volumétrico de la Facies 2 y una escasa representación de la Facies 4 (ver láminas I, II y III).

Las características de las facies arenosas (Facies 3), vale decir niveles arenosos depositados por avenidas de agua de alto régimen de flujo no canalizado, con procesos de tracción decantación asociados, desarrollados en un medio tranquilo reductor, recuerda sugestivamente procesos de desbordamiento ("overbank") en un ambiente palustre-lagunar bajo, desarrollado entre canales.

Sin embargo la presencia de niveles calcáreos fosilíferos (Facies 4) depositados en eventos catastróficos (posiblemente tormentas) y la vinculación de esta facies con niveles pelíticos de ambiente marino normal, sugieren un ambiente marino marginal.

La presencia de grandes cantidades de material vegetal fragmentario presente en las tres facies que componen esta secuencia, habla en favor de cierta proximidad con la zona continental.

Las avenidas de agua, cargadas de material en suspensión y detrito vegetal, podrían corresponder entonces a tramos distales de inundaciones fluviales que llegan a un cuerpo de aguas tranquilas poco profundas. La frecuencia de estos depó-

sitos junto con las pelitas carbonosas indican una cierta proximidad con el sistema fluvial.

De esta forma se infiere que esta secuencia de facies se depositó en un medio marino marginal, parállico y posiblemente corresponda a la parte baja de un frente deltaico hasta depósitos de bahía interdistributaria.

Como se verá más abajo, la vinculación de esta secuencia de facies con las Secuencias de facies C, D y E confirman tal presunción.

### Secuencia de Facies C (Canales)

Está constituída exclusivamente por la Facies

5 (ver lámina II). Corresponde a depósitos de canal, que se desarrollan erosivamente sobre depósitos de bahía, posiblemente correspondan a canalizaciones producidas en el fondo de la bahía, durante inundaciones mayores.

### Secuencias de Facies D (Barras de desembocadura)

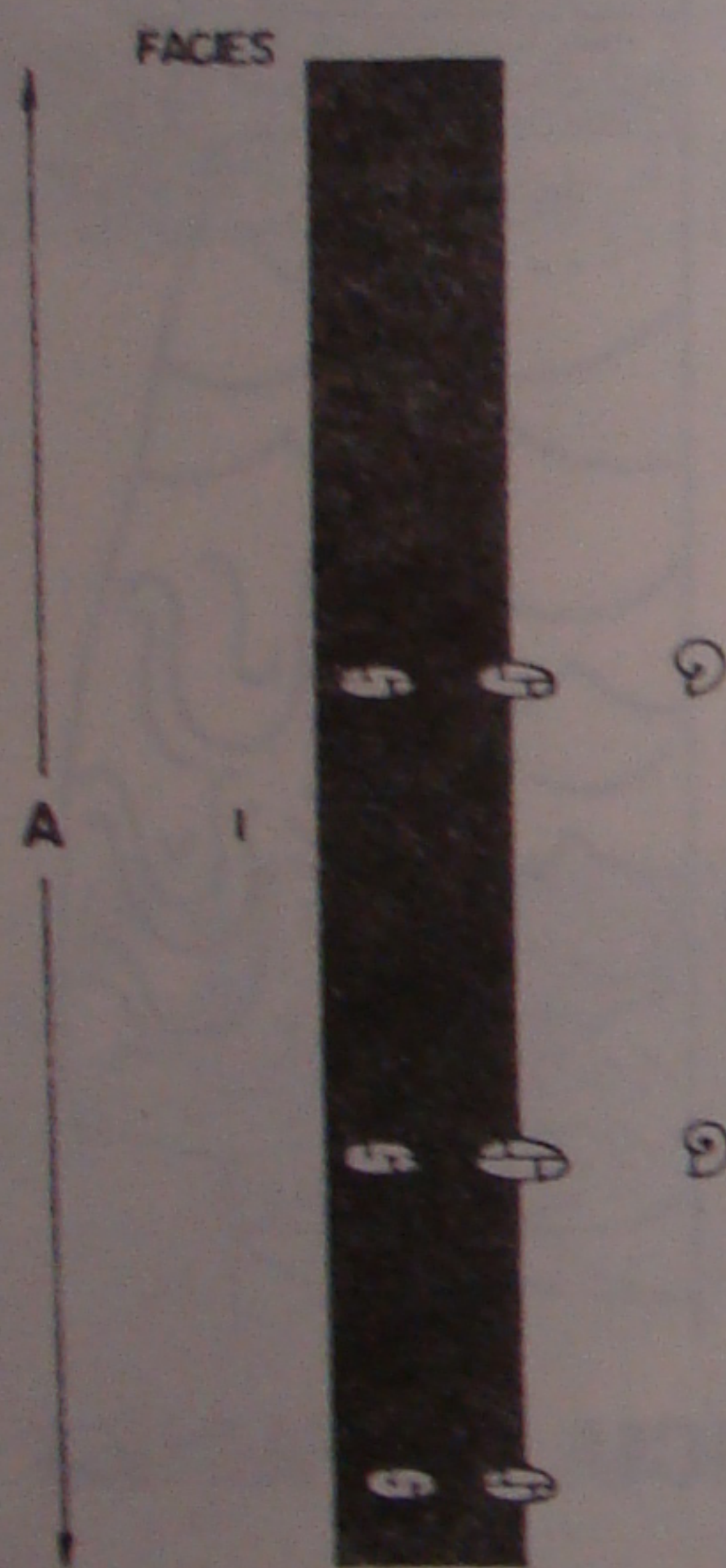
Esta secuencia de facies se compone con las Facies 6, 7, 8 y eventualmente 4 (ver láminas III y IV).

Tanto por los procesos identificados como por su secuencia grano y estrato creciente, esta

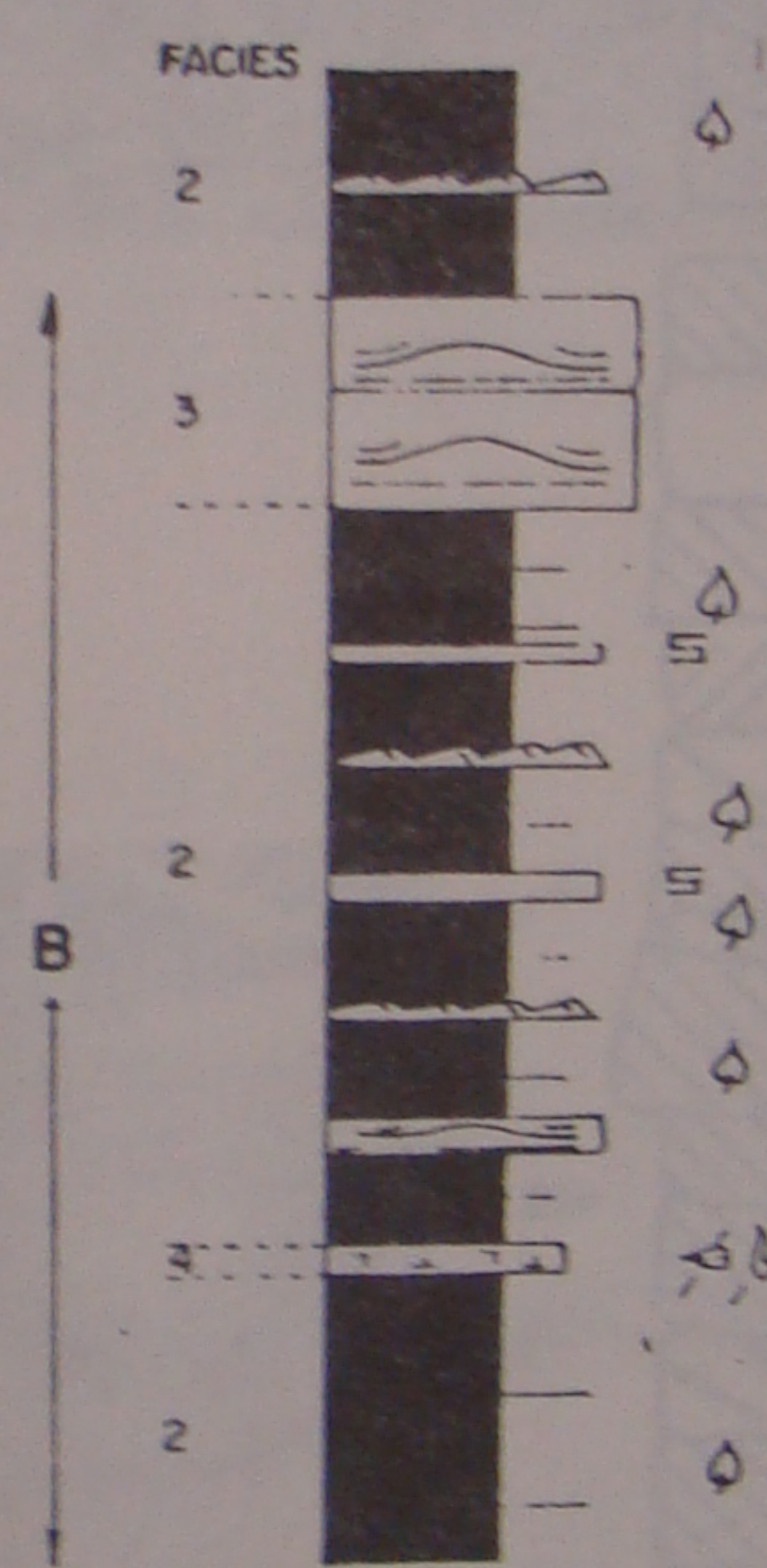
FIG. 2

## SECUENCIAS DE FACIES PRINCIPALES

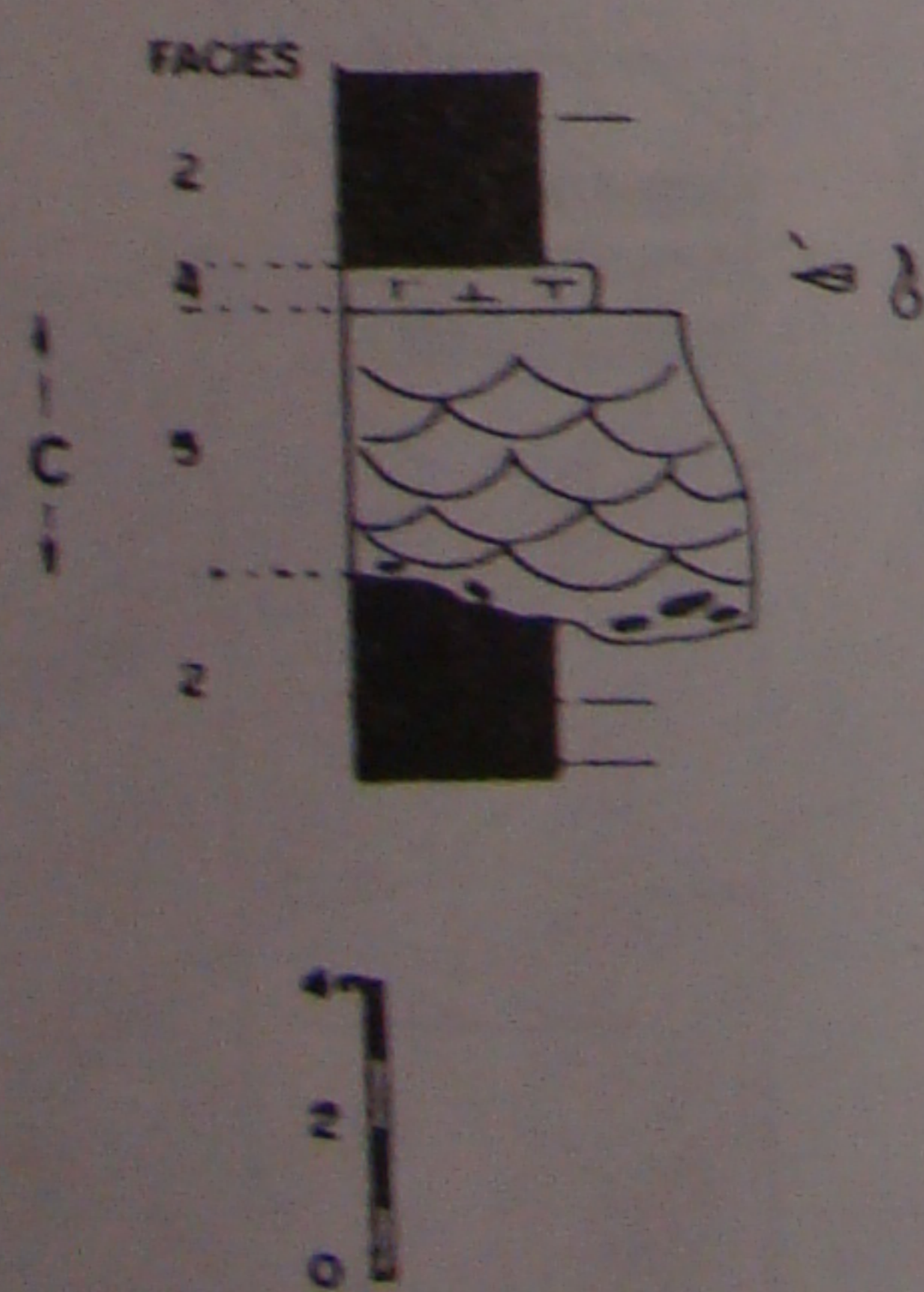
### SECUENCIA DE FACIES A



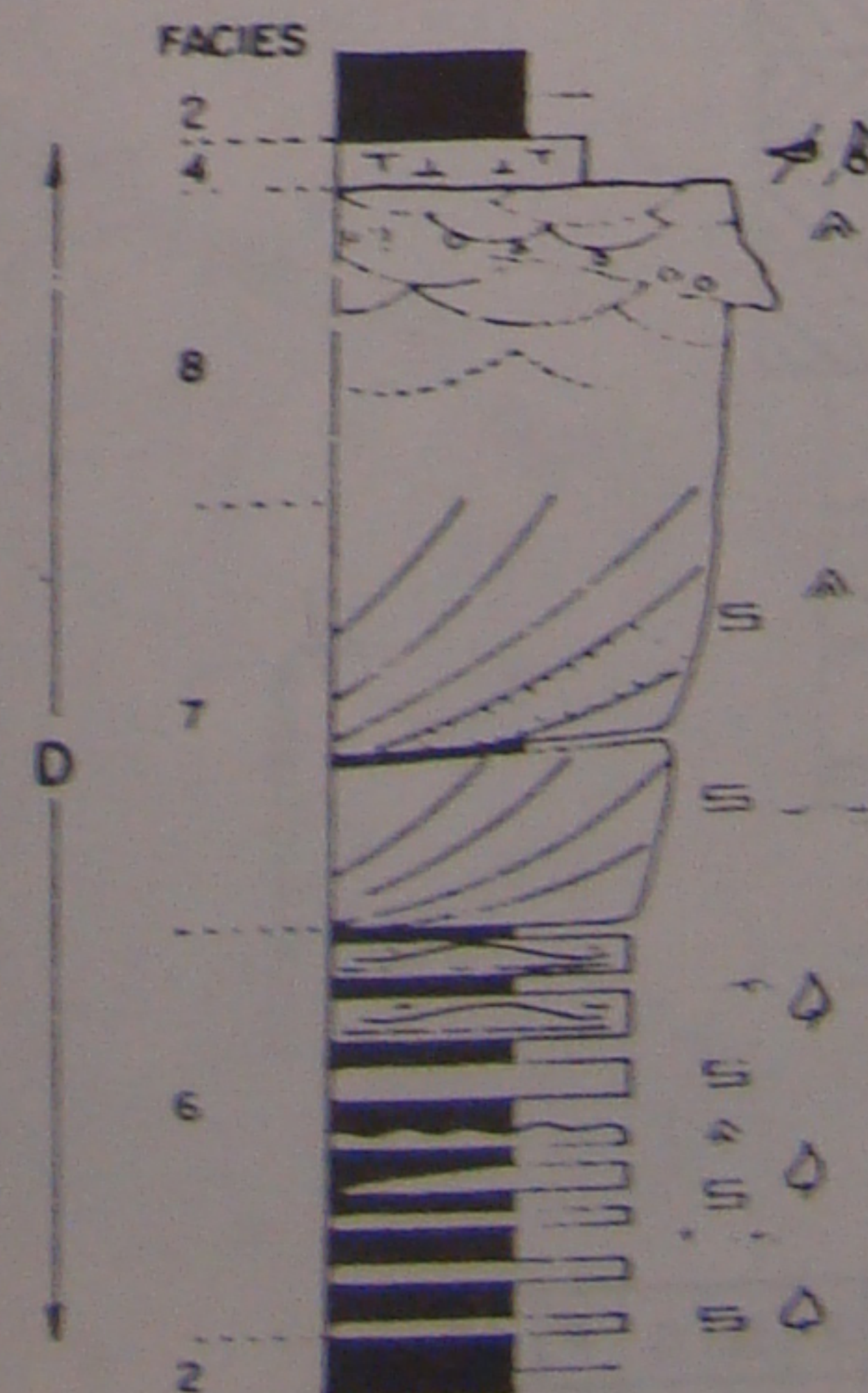
### SECUENCIA DE FACIES B



### SECUENCIA DE FACIES C



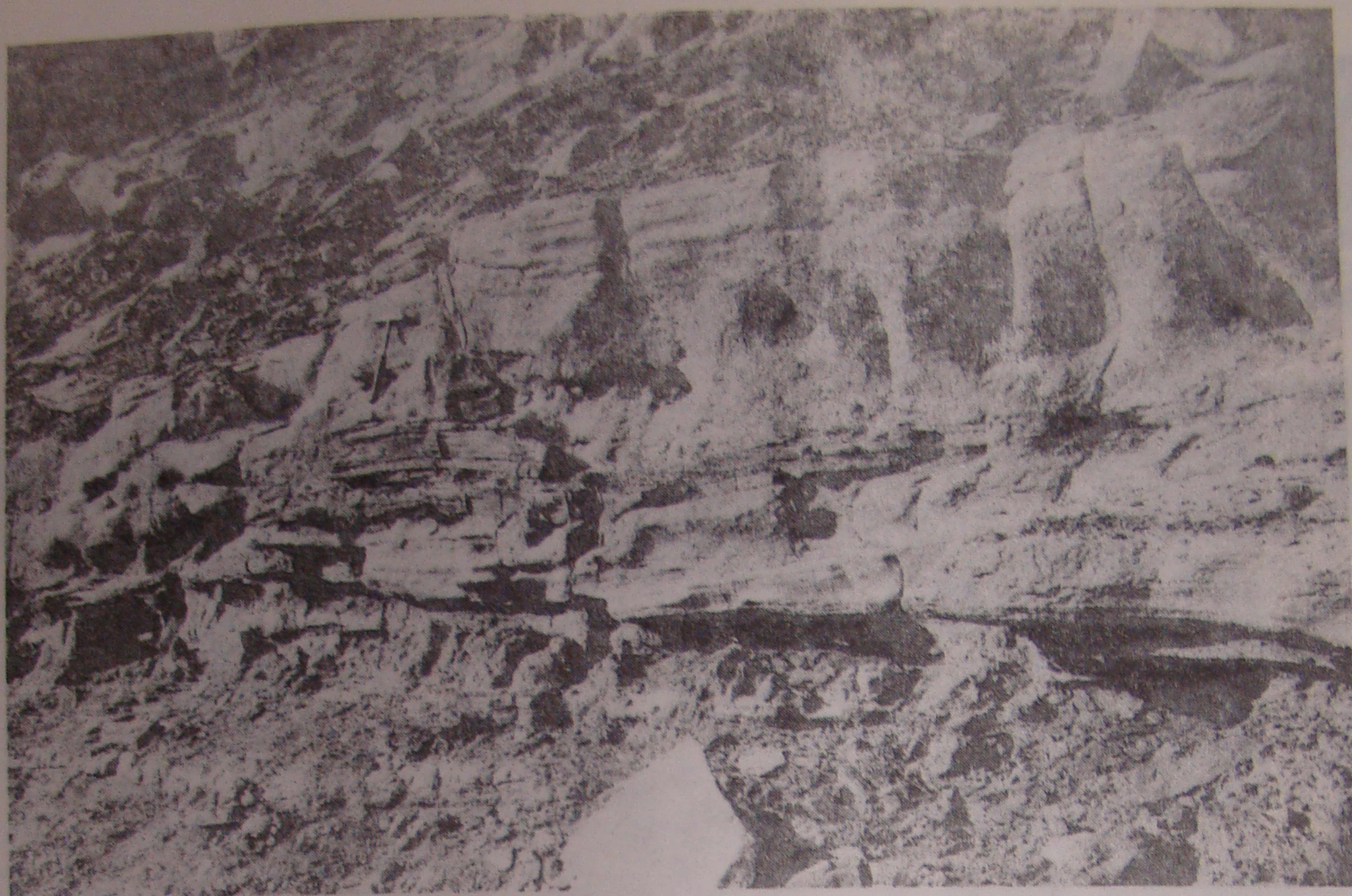
### SECUENCIA DE FACIES D



Arcillas	L	F	M	G	F	G
Pelitas	Areniscas	Congl.				

C. Gulisano y G. Hinterwimmer





Facies 3



Facies 4



Facies 2

SECUENCIA DE FACIES C



Facies 5



Secuencia de  
facies E

Secuencia de  
facies D

Secuencia de  
facies B

SECUENCIA DE FACIES D



Facies 6, 7 y 8

secuencia de facies se interpreta corresponde a depósitos de barra de desembocadura, es decir, la parte alta de un frente deltaico (Coleman y Wright, 1975; Elliott, 1978).

El tramo inferior (Facies 6) construido sobre facies pelíticas (Facies 2) corresponde a la parte distal o pie de la barra, constituido por depósitos arenosos, depositados por corrientes tractivas de alto régimen de flujo, con predominio de carga suspendida. Cada capa arenosa corresponde a un evento de inundación capaz de llevar material arenoso fino al frente deltaico y depositarlo lejos de la desembocadura de los cauces (Horne y Ferm, 1976; Elliott, 1978).

El tramo medio (Facies 7) constituido por capas arenosas algo más gruesas pero depositadas a través del mismo proceso, muestra característicamente superficies de acreción lateral de gran escala. Este tramo corresponde al frente de avance de la barra de desembocadura. Los recubrimientos arcillosos sobre estas láminas oblicuas, remarcan los períodos de inactividad del sistema.

El tramo superior (Facies 8) o tope de la barra, corresponde a depósitos subácueos hasta subaéreos producidos por el canal distributivo, que progresa sobre el frente de la barra; con predominio de carga de lecho (Coleman, 1976; Coleman y Prior, 1980).

La presencia de megaóndulas de crestas rectas ("sand waves") migrando pendiente arriba, por el frente de la barra, ponen de manifiesto la presencia de corrientes tractivas opuestas a la dirección de avance de la barra, es decir al sentido de las corrientes fluviales. Se reinterpreta que estas estructuras son originadas por corrientes mareales. La presencia de recubrimientos pelíticos en las láminas frontales de las megaóndulas que suben contra pendiente, confirmaría tal presunción.

En la parte media, pero principalmente en el techo de las barras de desembocadura, se presentan bancos calcáreos-esqueléticos, que pueden representar tanto colonización del tope de la barra, como depósitos de tormenta.

#### **Secuencia de Facies E (Canales distributivos fluvio-mareales)**

Está constituida por las Facies 9, 10 y 4, esta última presente sólo ocasionalmente. (ver láminas III, V y VI).

El tramo inferior está constituido generalmente por la Facies 9, representando depósitos subácueos generados por avenidas de agua de alto régimen, originadas en episodios de inundación del sistema fluvial en el continente. Presentan

evidencias además que indican una fuerte modificación por corrientes de marea.

El tramo superior en cambio, corresponde a depósitos subácueos tractivos, posiblemente canales playos, donde migraban trenes de megaóndulas ("sand waves"). Se infiere una fuerte influencia mareal para estos depósitos, en primer lugar por la presencia de trenes de megaóndulas migrando en sentido contrario a la dirección principal, que es en dirección a la cuenca (hacia el norte). Además, son frecuentes las superficies de reactivación, que podrían corresponder a corrientes subordinadas ("flood currents" en este caso) que modifican el frente de la megaóndula. Finalmente la presencia de megaóndulas con láminas de espesor variable (estratificación sigmoidal) de origen mareal, aunque poco comunes son reveladoras de la existencia de influencia mareal en el sistema.

La presencia de superficies con modificación por ola y la presencia de fauna marina, confirman el carácter subácueo de estos depósitos.

Se interpreta que los mismos corresponden a canales subácueos, con fuerte influencia fluvial y modificación por corrientes mareales. Posiblemente se trata de canales distributivos fluvio-mareales (Canales estuarinos?), similares a las secuencias estuarinas propuestas por Hayes (1980).

#### **Secuencia de Facies F (Llanura de marea arenosa y canales fluviales)**

Esta secuencia de facies está constituida por una alternancia de depósitos de las Facies 11 y 12 (ver lámina VII). A pesar del contacto abrupto que media entre ambos, por su asociación íntima y eventualmente por su vinculación lateral, se las ha agrupado en una sola secuencia.

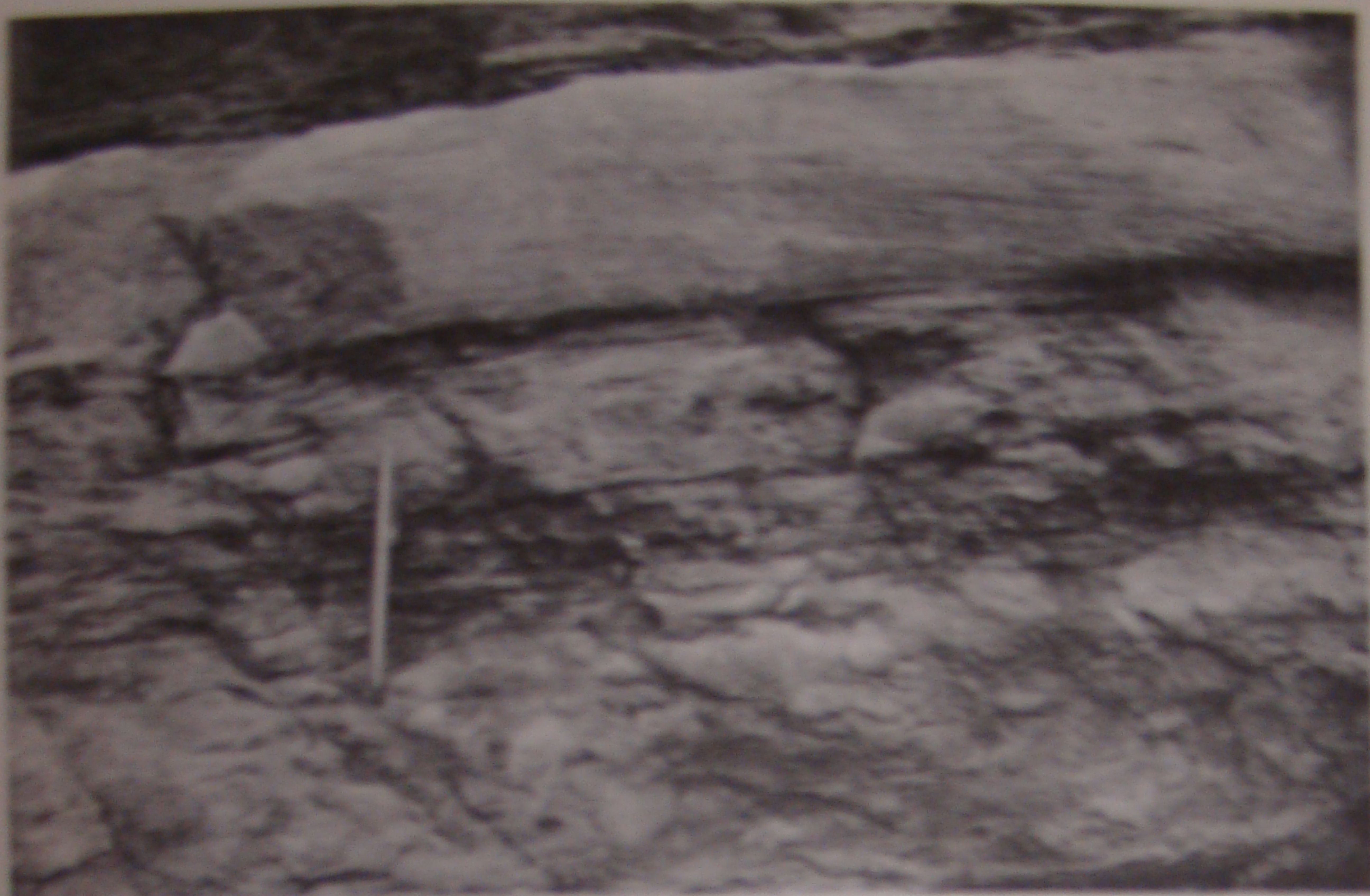
La Facies 11 denota haberse depositado en un medio fluvial con canales entrelazados. En cambio la Facies 12 presenta características estructuras que denotan procesos mareales.

Se interpreta al conjunto como depositado en un medio marino-marginal donde la Facies 12 corresponde a depósitos de llanura de mareas arenosas ("sand flat") surcada por canales fluviales (Facies 11).

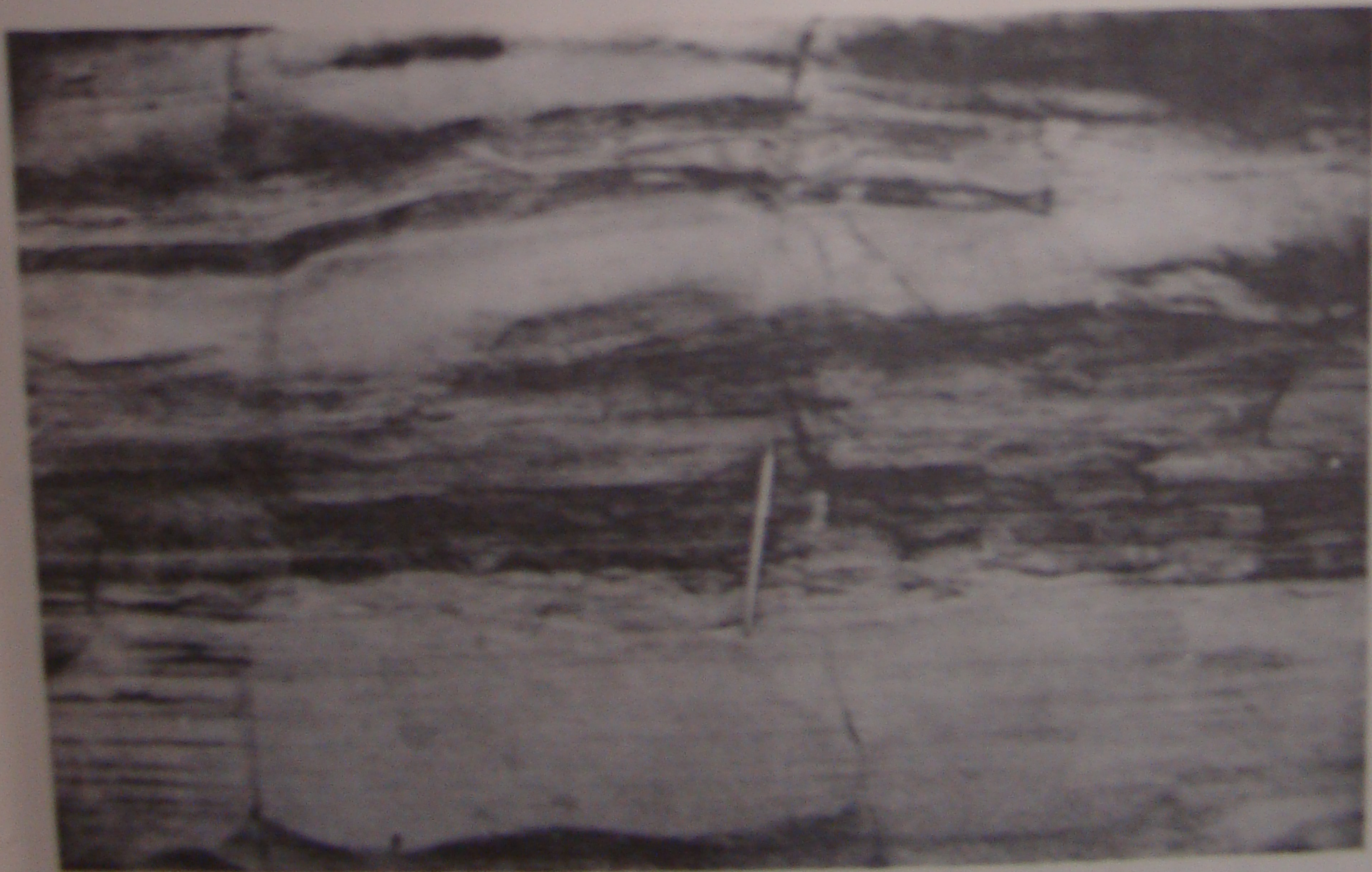
#### **Secuencia de Facies G (barras mareales)**

Esta secuencia de facies está constituida por las Facies 13 y 14 y ocasionalmente por facies pelíticas asignables con dudas a la Facies 2 (ver lámina VIII).

Su tendencia grano y estrato creciente y los



Facies 6



Facies 6



Facies 9



Facies 9

Facies 10



Facies 10

Facies 9



Facies 10

procesos puestos en evidencia por sus estructuras sedimentarias permiten inferir que se trata de barras depositadas en una zona con fuerte acción mareal, acumuladas por la migración de bancos arenosos subtidales ("tidal sand waves", sensu Allen, 1980 y Allen y Homewood, 1984) sobre un sustrato arcilloso, conformando depósitos equiparables a las "subtidal sand waves" de Teyssen (1984).

Estas barras mareales se habrían depositado en un ambiente marino marginal, relacionado estrechamente con la llanura de marea ("sand flat") surcada por canales (Secuencia de Facies F).

## RELACIONES DE FACIES Y MODELO SEDIMENTARIO

Del seguimiento lateral de los distintos cuerpos arenosos (Fig. 4), surge con bastante claridad la relación lateral que presentan las distintas secuencias de facies. Estas han sido mapeadas con el fin de poder visualizar la distribución en planta de las mismas (Fig. 5).

Del análisis del corte estratigráfico (Fig. 4) se puede dividir a la sección analizada en dos tramos bien definidos.

Un tramo inferior hasta la base del nivel arenoso utilizado como nivel de correlación (banco 24 del perfil I, banco 12 del perfil III; banco 14 del perfil IV y banco 7 del perfil V) y un tramo superior desarrollado por arriba de la base de dicho cuerpo arenoso (Fig. 4).

Desafortunadamente, la posibilidad de que entre el tramo inferior y el tramo superior exista una discontinuidad estratigráfica, impide elaborar un modelo general. La presunción de la existencia de tal discontinuidad, ha conducido a una reevaluación estratigráfica del esquema propuesto por Gulisano et al. (1984), sin que al momento se haya podido obtener resultados definitivos.

Por ese motivo se prefiere limitar el análisis al tratamiento de los dos tramos en forma independiente.

En el tramo inferior se desarrollan las Secuencias de Facies A, B, C, D y E, en tanto que en el tramo superior lo hacen las Secuencias de Facies E, F y G.

La sección inferior comprende los depósitos de plataforma costa afuera prodelta. (Secuencia de Facies A) que conforman la parte basal del intervalo analizado. Hacia arriba pasan en transición a los depósitos de frente deltaico hasta bahía interdistributaria (Secuencia de Facies B), alternando con depósitos de barras de desembocadura (Secuencia de Facies D). Estos últimos constituyen cuatro cuerpos arenosos principales de espesor y extensiones importantes (hasta 30 m

de espesor y más de 3500 m de extensión) desarrollados en los perfiles I, II y III principalmente.

El análisis detallado de las secuencias de facies de los mismos, como así también su correlación lateral, permitieron establecer un modelo de tránsito de facies desde depósitos de inundación distales (Facies 2, 3 o 6) hasta secuencias completas de barra de desembocadura. (Secuencia de Facies D).

En posiciones más proximales (perfiles 4 y 5) con excepción de la barra inferior se observa un cambio paulatino tanto en el tipo de facies como en su arreglo vertical, pasando los depósitos de barra de desembocadura a depósitos de canales con fuerte influencia o modificación mareal, interpretados como canales distributarios fluvio-mareales (canales estuarinos?). La correlación y tránsito de facies se establece a partir de las facies de canal que caracterizan el tope de las barras (Facies 8) que en posiciones más proximales constituyen facies de canal estuarino (Facies 10), situación que fue observada en el campo entre los perfiles III y IV en los cuerpos arenosos correspondientes a las tres barras superiores. También se observó un cambio en las características de las facies en este sentido en el canal de tope de la barra inferior (perfil II) sin llegar a desarrollar características mareales bien definidas.

Por su parte se estableció el pasaje de las facies de cuerpo de barra (Facies 7) a las facies basales del canal estuarino (Facies 9) lo cual se verificó solamente para la segunda barra en orden ascendente (perfil III y IV).

El tránsito de facies aludido también se registra para los depósitos de canal aislado (Secuencia de Facies C) que en posiciones proximales (perfil V) adquiere características de canal distributivo fluvio mareal. (Secuencia de Facies E).

En base a lo apuntado, se estima que el tramo inferior se depositó en un ambiente deltaico donde la influencia fluvial ha sido preponderante, pero donde es visible cierta influencia de la acción de las mareas.

La existencia de corrientes tractivas en contra de las corrientes fluviales en las barras de desembocadura y la presencia de superficies de reactivación y bidireccionalidad en las facies de canal, ponen en evidencia que el influjo mareal ha sido también importante, aunque naturalmente subordinado a la actividad fluvial.

El tramo superior muestra una gran continuidad lateral de la Secuencia de Facies E (canal estuarino), aunque un seguimiento lateral de la misma, ya fuera de la zona estudiada muestra un fuerte acuíñamiento, siendo reemplazado lateral-

FIG. 4

CORRELACION ESTRATIGRAFICA DETALLADA DE CUERPOS ARENOSOS

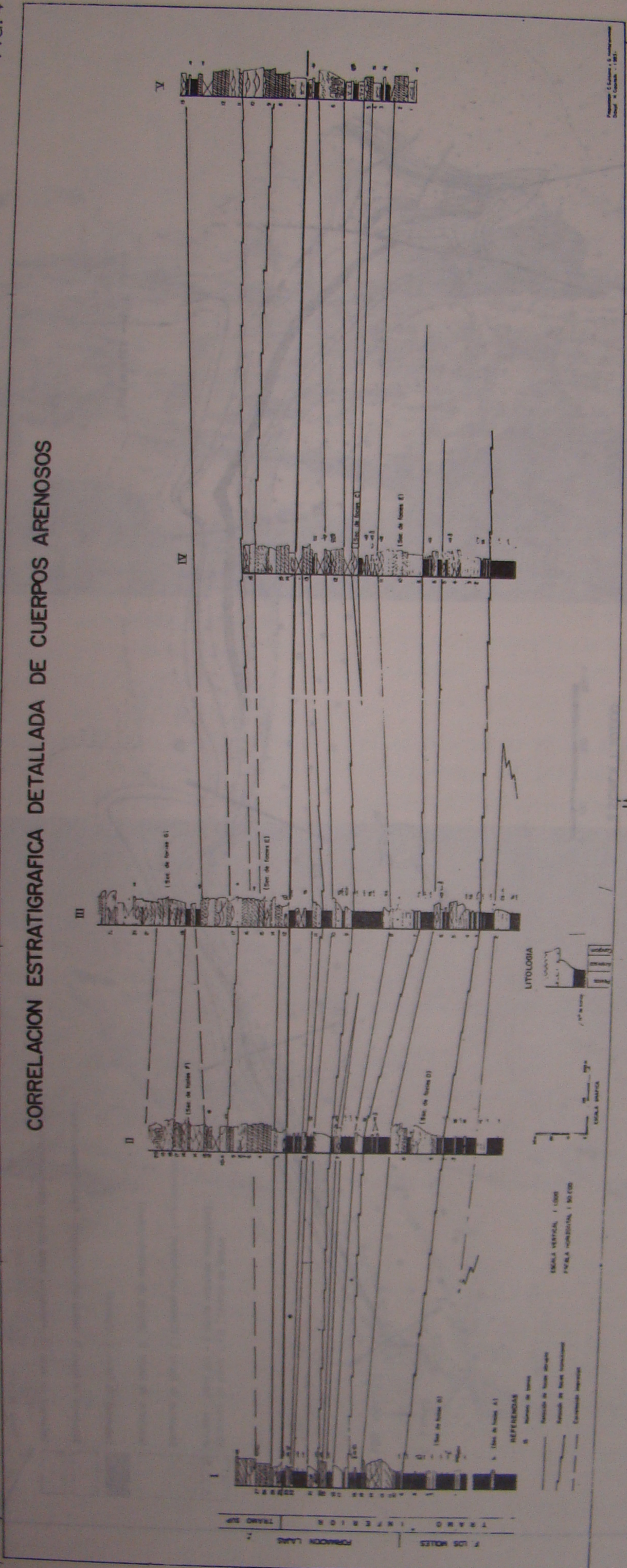


FIG. 5

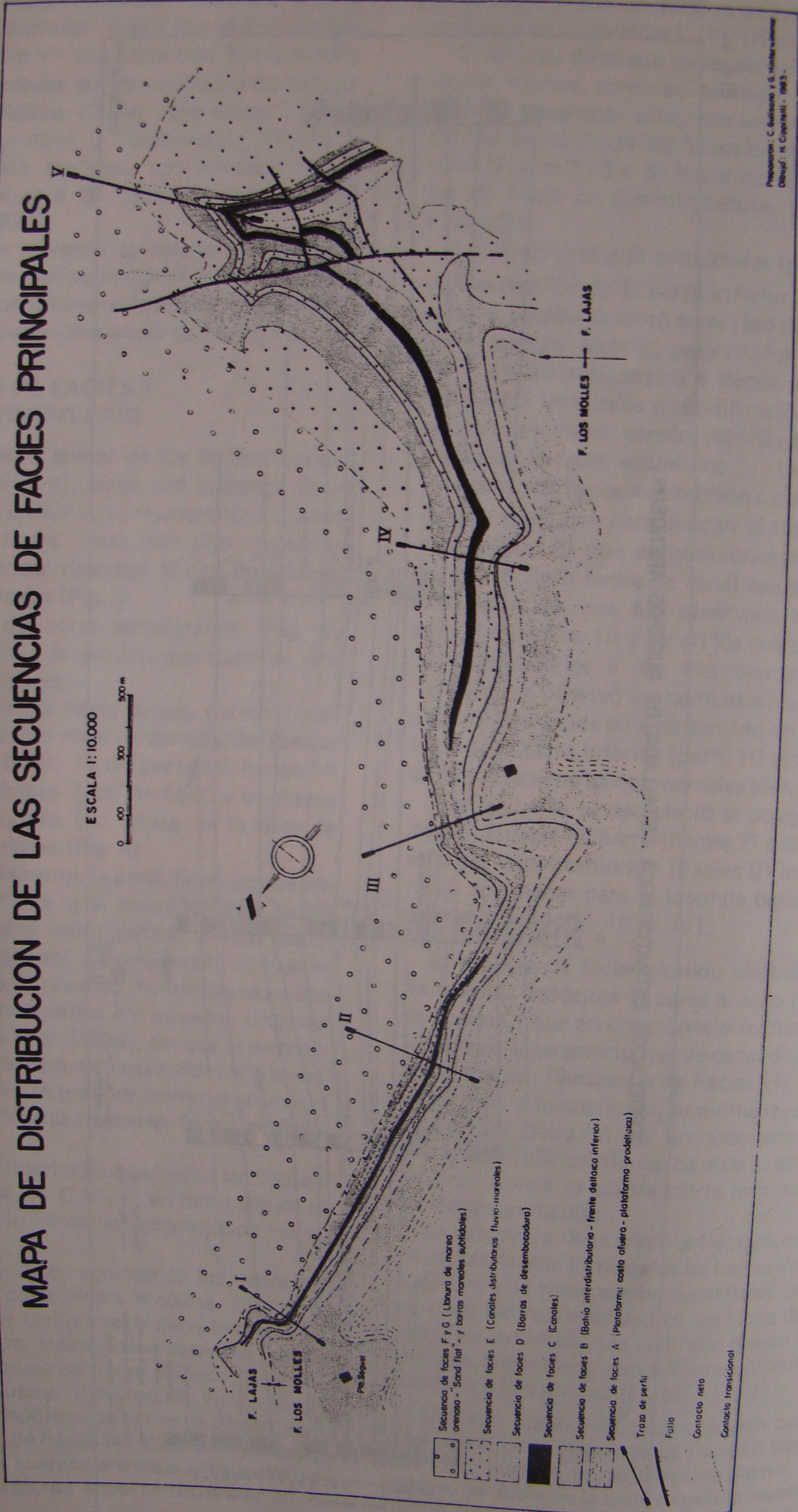


Figura 5

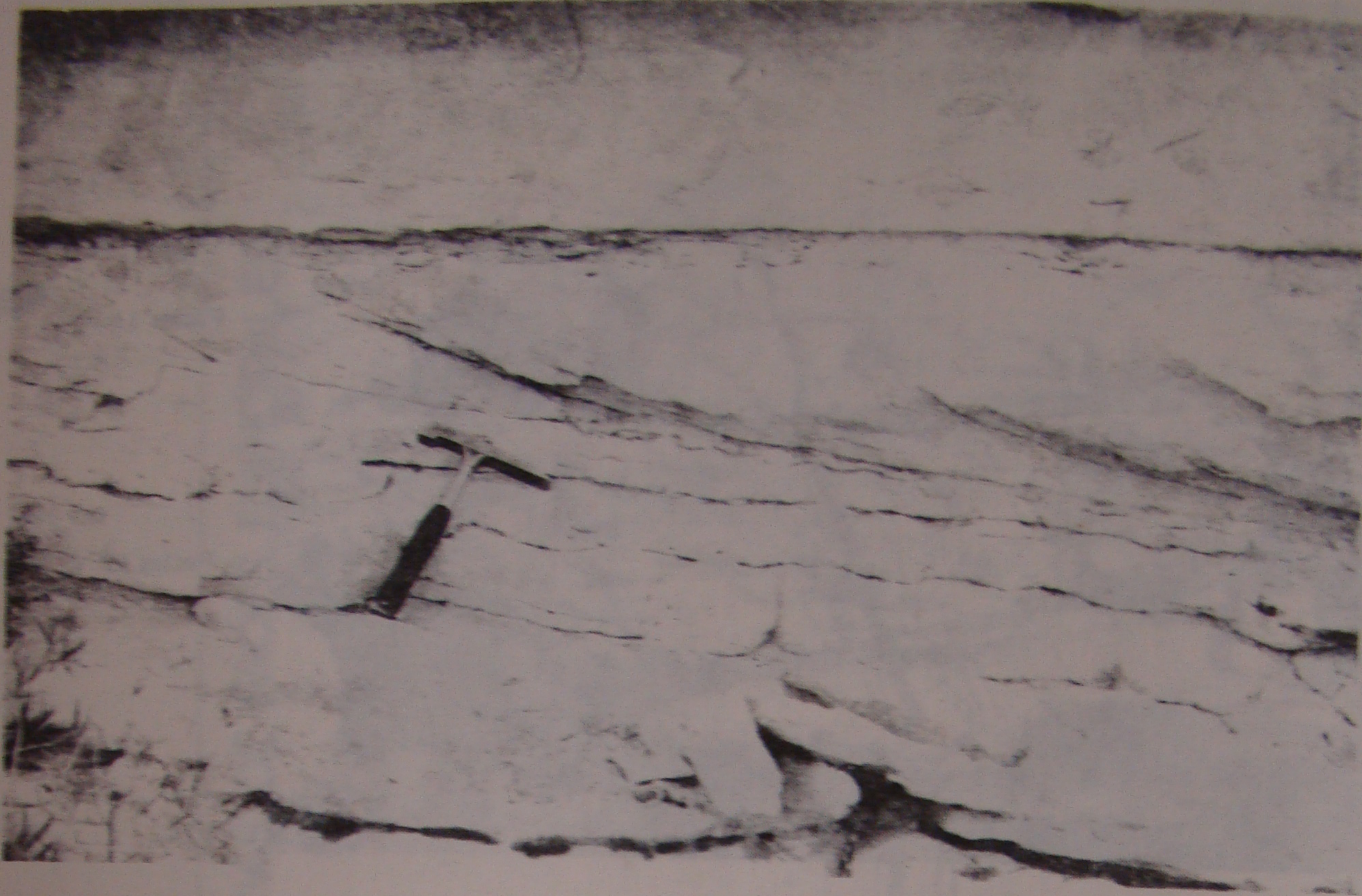


Facies 11

Facies 12



Facies 12



Facies 14

mente por facies pelíticas y por la Secuencia de Facies F ("sand flat" y canales). Se observa además, que existe una relación lateral entre las Secuencias de Facies F y G (Fig. 4), es decir entre el ambiente intertidal ("sand flat" y canales) y el subtidal representado por las barras mareales.

Este tramo superior revela, a través de sus facies, la existencia de un medio marino marginal, probablemente deltaico con una fuerte influencia mareal, a lo que se subordina la actividad fluvial.

Dicho ambiente deltaico influenciado por mareas, muestra un sector marginal donde se desarrollaron extensas llanuras de mareas arenosas ("sand flat") surcadas por canales distributarios. Este subambiente se relaciona hacia la parte más profunda con un sistema complejo de canales estuarinos y barras subtidales.

### CONSIDERACIONES PETROLERAS

El análisis de facies efectuado ha permitido reconocer una serie de facies sedimentarias que por sus características texturales, su geometría y su vinculación con roca generadora potencial resultan de sumo interés desde el punto de vista petrolero.

El tramo inferior de la secuencia analizada está integrado por facies pelíticas entre los que se

intercalan cuerpos arenosos (barra de desembocadura) de hasta 20-25 metros de potencia que se acuñan lateralmente, integrándose con las facies pelíticas (bahía interdistributaria-frente deltaico inferior). Estos cuerpos de geometría lenticular de gran escala (en el orden de los miles de metros), con forma lobulada en planta, presentan condiciones óptimas de entrapamiento estratigráfico por cuanto, tanto en la dirección de paleocorrientes como en sentido lateral se adelgazan y pasan a facies pelíticas.

Sus condiciones petrofísicas son buenas, como se desprende de las mediciones efectuadas (ver Apéndice).

El tramo superior, correspondiente a depósitos arenosos depositados en un sistema deltaico con influencia mareal, presenta cuerpos arenosos de buenas condiciones petrofísicas (ver Apéndice I), pero de mayor continuidad lateral, por lo que serían de esperar condiciones de entrapamiento estructural clásico.

Desde el punto de vista geoquímico, se cuenta con algunos datos correspondientes a determinaciones efectuadas por el laboratorio Robertson Research (U.S.) Inc. (Dow, 1981), sobre muestras obtenidas por la Comisión Geológica N° 1 de YPF durante el desarrollo del Programa de Trabajos sobre el Jurásico de la Cuenca Neuquina.

Tales datos revelan que las pelitas de la parte alta de la Formación Los Molles en el perfil Picún Leufú, distante unos 4 km de la zona de estudio, presentan condiciones buenas a muy buenas de generación de hidrocarburos. Otro tanto ocurre con los depósitos pelíticos de la parte inferior y media de la Formación Los Molles en el Arroyo Lapa, 40 km al sur donde se comprobaron condiciones muy buenas de generación.

Por todo lo expuesto se concluye que el tramo inferior de la Formación Lajas presenta condiciones ideales para el entrapamiento de hidrocarburos, dado sus características sedimentarias y su vinculación con roca generada potencial, constituyéndose en un objetivo de interés susceptible de ser prospectado en regiones aledañas.

## CONCLUSIONES

- Del análisis de los cinco perfiles realizados en la zona de Puesto Seguel (flanco norte del Anticlinal Picún Leufú) se individualizaron 14 litofacies agrupadas en 7 secuencias de facies.
- Cada secuencia de facies, integrada por diversas litofacies, corresponde a un medio de deposición, definido en función de los procesos sedimentarios actuantes.
- Las secuencias de facies se relacionan entre sí tanto vertical como lateralmente, lo que permitió deducir ambientes de deposición mayores o más complejos.
- El intervalo de columna estudiado fue subdividido en dos tramos (inferior y superior) los que fueron analizados independientemente ante la presunción de que entre ambos medie una discontinuidad estratigráfica. Esta presunción se basa en datos estratigráficos regionales que están siendo actualmente analizados.
- El tramo inferior está constituido por las siguientes secuencias de facies:

Sec. de Facies A = plataforma costa afuera-prodelta.

Sec. de Facies B = frente deltaico inferior-bahía interdistribut.

Sec. de Facies C = canales.

Sec. de Facies D = barras de desembocadura.

Sec. de Facies E = canales distributarios fluvio-mareales (canales estuarinos?).

En conjunto se depositaron en un ambiente deltaico con influencia predominantemente fluvial e influencia mareal subordinada.

- El tramo superior está constituido por las siguientes secuencias de facies:

Sec. de Facies E = canales distributarios fluvio-mareales (canales estuarinos?).

Sec. de Facies F = llanura de marea arenosa ("sand flat") y canales.

Sec. de Facies G = barras mareales subtidales.

Se interpreta que se depositaron en un ambiente marino marginal, posiblemente delatíco con fuerte influencia mareal y acción fluvial subordinada.

- Se considera que dadas las características sedimentológicas (textura, espesor, geometría, etc.), los cuerpos arenosos correspondientes a las barras de desembocadura en la parte inferior de la secuencia pueden constituir adecuados reservorios con entrapamiento estratigráfico.
- En tanto que las facies mareales de la parte superior, de mayor continuidad lateral, también poseen buenas condiciones de roca reservorio.
- La vinculación de esta secuencia con pelitas de comprobado carácter generador permitiría abrigar expectativas favorables para la prospección de esta facies en regiones cercanas.

## LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Allen, J. R. L., 1980. Sandwaves: a model of origin and internal structural. *Sedim. Geol.* 26: 281-328. Amsterdam.
- Allen, J. R. L. y P. Homenwood, 1984. Evolution and mechanics of a Miocene tidal sandwave. *Sedimentology*, 31: 63-81.
- Boersma, J. R y J. H. J. Terwindt, 1981. Neap-spring tide sequences of intertidal sheel deposits in a mesotidal estuary. *Sedimentology*, 28: 151-170.
- Coleman, J. M., 1976. Deltas: Processes of deposition and models for exploration. *Continuing Education Publ.*, Champaign.
- Coleman, J. M. y L. D. Wright, 1975. Modern river deltas: variability of processes and sand bodies. In: *Deltas, Models for Exploration* (Ed. by M. L. Broussard): 99-149. Houston Geol. Soc., Houston.
- Coleman, J. M. y D. B. Prior, 1980. Deltaic sand bodies. *Am. Ass. Petrol. Geol., Course Note 15*, Tulsa.
- Dow, W. C., 1981. Geochemical analysis of outcrop samples, Argentina. Report Nº 356. Robertson Research (U.S.) Inc. Prepared for YPF, Argentina. Inédito. YPF. Buenos Aires.
- Elliott, T., 1978. Deltas. In *Sedimentary Environments and Facies* (Ed. by H. G. Reading). Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Groeber, P., 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. Hoja Chos Malal. *Rev. Soc. Geol. Arg.* 1 (2): 177-208. Buenos Aires.
- Gulisano, C. A., A.R. Gutiérrez Pleimling y R. E. Digregorio, 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la provincia del Neuquén. IX Congr. Geol. Arg. Actas I: 236-259. Buenos Aires.
- Gulisano, C. A. y G. A. Hinterwimmer, 1986. Depósitos de barra de desembocadura y facies deltaicas asociadas en la Formación Lajas. Cuenca Neuquina. Argentina. Primera Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 177-180. La Plata.
- Harms, J. C. y R. K. Fahnestock, 1965. Stratification, bed forms, and flow phenomena (with an example from the Río Grande).

In: Primary Sedimentary Structures and their Hydrodynamic Interpretation (Ed. by G. V. Middleton): 84-115. Spec. Public. Soc. Econ. Paleont. Miner., 12, Tulsa.

**Harms, J. C.; J. Southard; D. R. Spearing y R. G. Walter, 1975.** Depositional Environments as Interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences. Lecture Notes Soc. Econ. Paleont. Miner., Short Course 2, Tulsa.

**Harms, J. C.; J. Southard y R. G. Walter, 1982.** Structures and Sequences in Clastic Rocks. Soc. Econ. Paleont. Min., Short Course 9, Tulsa.

**Hayes, M. O., 1980.** General morphology and sediment patterns in tidal inlets. Sedimentary Geology, 26: 139-156. Amsterdam.

**Horne, J. C. y J. C. Fern, 1976.** Carboniferous depositional environments in the Pocahontas Basin, Eastern Kentucky and Southern West Virginia: A Field Guide. Univ. of South Carolina, Columbia.

**Klein, G. de V., 1970.** Depositional and dispersal dynamics of intertidal sand bars. Jour. Sed. Petrol., 40: 1095-1127. Tulsa.

**Kohsiek, L. H. M. y J. H. J. Terwindt, 1981.** Characteristics of foresets and topset bedding in megaripples related to hydrodynamic conditions on an intertidal shoal. In: Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin (D. by S. D. Nio et al.). Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., 5: 27-37. Oxford.

**Kreisa, R., 1981.** Storm-generated sedimentary structures in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of Southwestern Virginia. Jour. Sed. Petrology, 51 (3): 823-848. Tulsa.

**Mowbray, T. de y M. J. Visser, 1984.** Reactivation surfaces in subtidal channel deposits, Oosterschelde, Southwest Netherlands. Jour. Sed. Petrology, 54 (3): 811-824. Tulsa.

**Orchuela, I.; J. V. Plozkiewicz y R. Viñes, 1981.** Reinterpretación estructural de la denominada "Dorsal Neuquina". VIII

Congr. Geol. Arg., Actas III: 281-293. Buenos Aires.

**Sanders, J. E., 1965.** Primary sedimentary structures formed by turbidity currents and related sedimentation mechanisms. In: Primary Sedimentary Structures and their Hydrodynamic Interpretation (Ed. by G. V. Middleton). Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 12: 192-219. Tulsa.

**Simons, D. B.; E. V. Richardson y C. F. Nordin, 1965.** Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. In: Primary Sedimentary Structures and their Hydrodynamic Interpretation (Ed. by G. V. Middleton). Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 12: 34-52. Tulsa.

**Terwindt, J. H. J., 1981.** Origin and sequences of sedimentary structures in inshore mesotidal deposits of the North Sea. In: Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin (Ed. by S. D. Nio et al.). Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., 5: 4-26. Oxford.

**Teyssen, T. A. L., 1984.** Sedimentology of the Minette oolitic ironstones of Luxembourg and Lorraine: a Jurassic subtidal sandwave complex. Sedimentology, 31: 195-211.

**Vail, P. R.; R. M. Mitchum; R. G. Todd; J. M. Widmier, S. Thompson; J. B. Sangree; J. N. Bubba and N. G. Hatlelid, 1977.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In: Seismic Stratigraphy - Applications to Hydrocarbon Exploration - (Ed. by Ch. E. Payton). Am. Assoc. Petrol. Geol., Memoir 26: 49-212. Tulsa.

**Visser, M., 1980.** Neap-spring cycles reflected in Holocene subtidal large-scale bedform deposits: a preliminary note. Geology, 8: 543-546.

**Weaver, Ch. E., 1931.** Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. Mem. Univ. Washington 1. Seattle.

## A P E N D I C E

### ANÁLISIS DE PETROGRAFIA, POROSIDAD Y DIAGENESIS SOBRE MUESTRAS DE AFLORAMIENTO DEL PERFIL PUESTO SEGUEL I

Se analizaron 3 muestras con el objeto de caracterizar las condiciones petrofísicas, petrográficas y de tipo de porosidad de diagénesis de los principales cuerpos arenosos que presentaba el perfil.

#### a) Análisis petrofísicos

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Minería de Florencio Varela, realizándose dos ensayos por muestra determinando porosidad y permeabilidad al aire.

Se obtuvieron los siguientes datos:

Muestra N°	Porosidad (%)	Permeabilidad (md)
Muestra N° 2 (Facies 6, Pie de la barra de desembocadura)	28,15	1.001,82
	25,05	517,79
Muestra N° 3 (Facies 7, Cuerpo principal de la barra de desembocadura)	24,28	1.884,91
	25,46	2.656,35
Muestra N° 4 (Facies 10, Litofacies superior del canal estuarino superior)	25,88	1.093,95
	25,53	837,21

#### b) Análisis petrográfico, de porosidad y diagénesis

Las tres muestras analizadas presentan características semejantes. Por lo tanto, se analizarán en conjunto.

Las muestras corresponden a arenitas, medianas a finas, bien seleccionadas, subangulosas a subredondeadas. La composición es principalmente lítica (41 por ciento) (pastas volcánicas devitrifica-

das y andesitas) y en menor proporción presenta feldespatos (35 por ciento) (ortosa, microclino y plagioclasa) y cuarzo (24 por ciento) (mono y policristalino). También se presentan algunos líticos de areniscas y escasas muscovitas.

Los contactos entre granos son de tipo puntual o recto y no se evidencia rasgos importantes de compactación mecánica. La autigénesis de cuarzo y feldespato es escasa (hasta 1 por ciento) y se desarrolla principalmente en la muestra 3 donde se observan crecimientos feldespáticos con bordes corroídos.

En general casi todos los granos presentan sus bordes corroídos y son abundantes los feldespatos y líticos que se encuentran parcial hasta totalmente disueltos.

La porosidad observada (20 a 30 por ciento) coincide con la medida (25 por ciento).

Presenta principalmente poros intergranulares ampliados, hasta desarrollar poros móldicos y de sobre-tamaño ("oversized"). También se desarrolla porosidad intracristalina y de panal de abejas ("honey combed") las cuales constituyen un porcentaje importante.

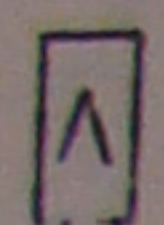
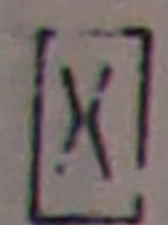
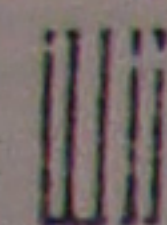
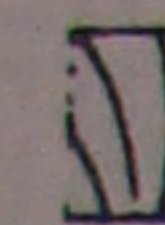
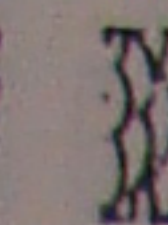
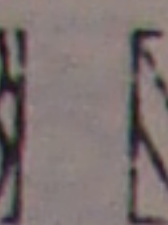
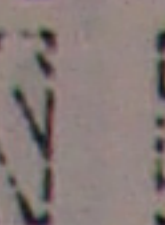
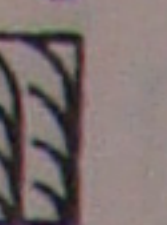
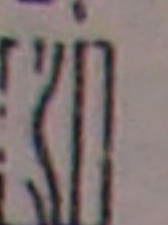
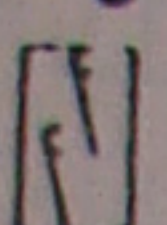

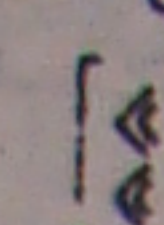
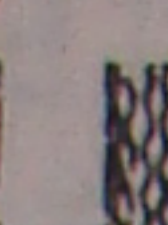
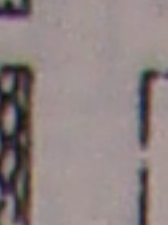
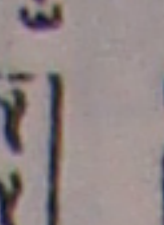
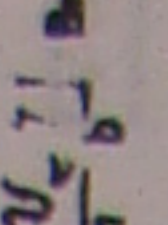
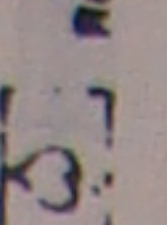
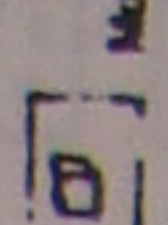
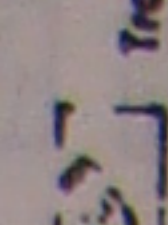
La textura poral dominante es de tipo intergranular ampliada a móldica, localmente presenta textura poral de sobre-tamaño.

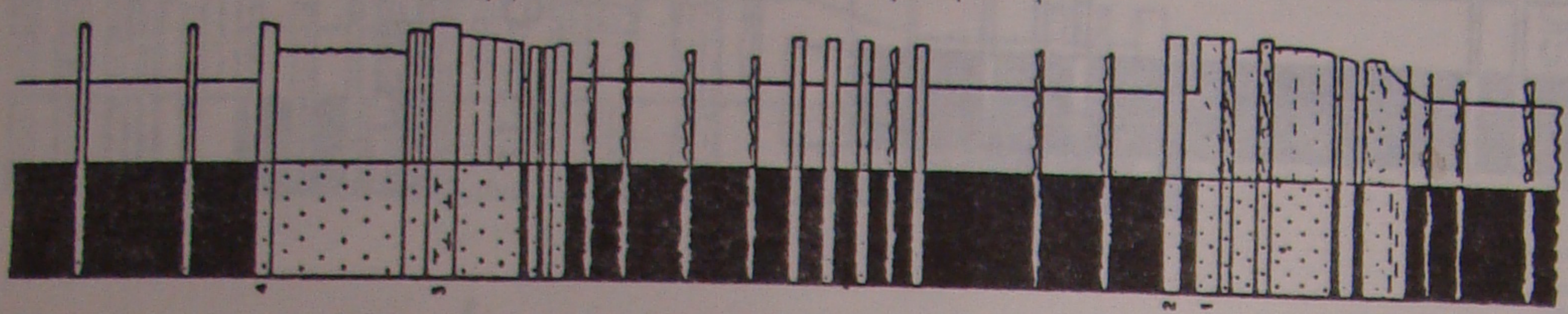
Predominan los poros equidimensionales con un tamaño que varían de 94 micrones a 218 micrones, equivalentes al tamaño arena fina y muy fina, desarrollados en areniscas finas a medianas respectivamente. Los poros elongados y de sobre-tamaño exceden considerablemente los tamaños promedios con valores de hasta 780 por 450 micrones (tamaño arena gruesa) en muestras de areniscas medianas.

La porosidad es de tipo secundaria, generada por disolución de granos (líticos y feldespáticos), reemplazos y cementos lo cual se evidencia de los tipos porales presentes.

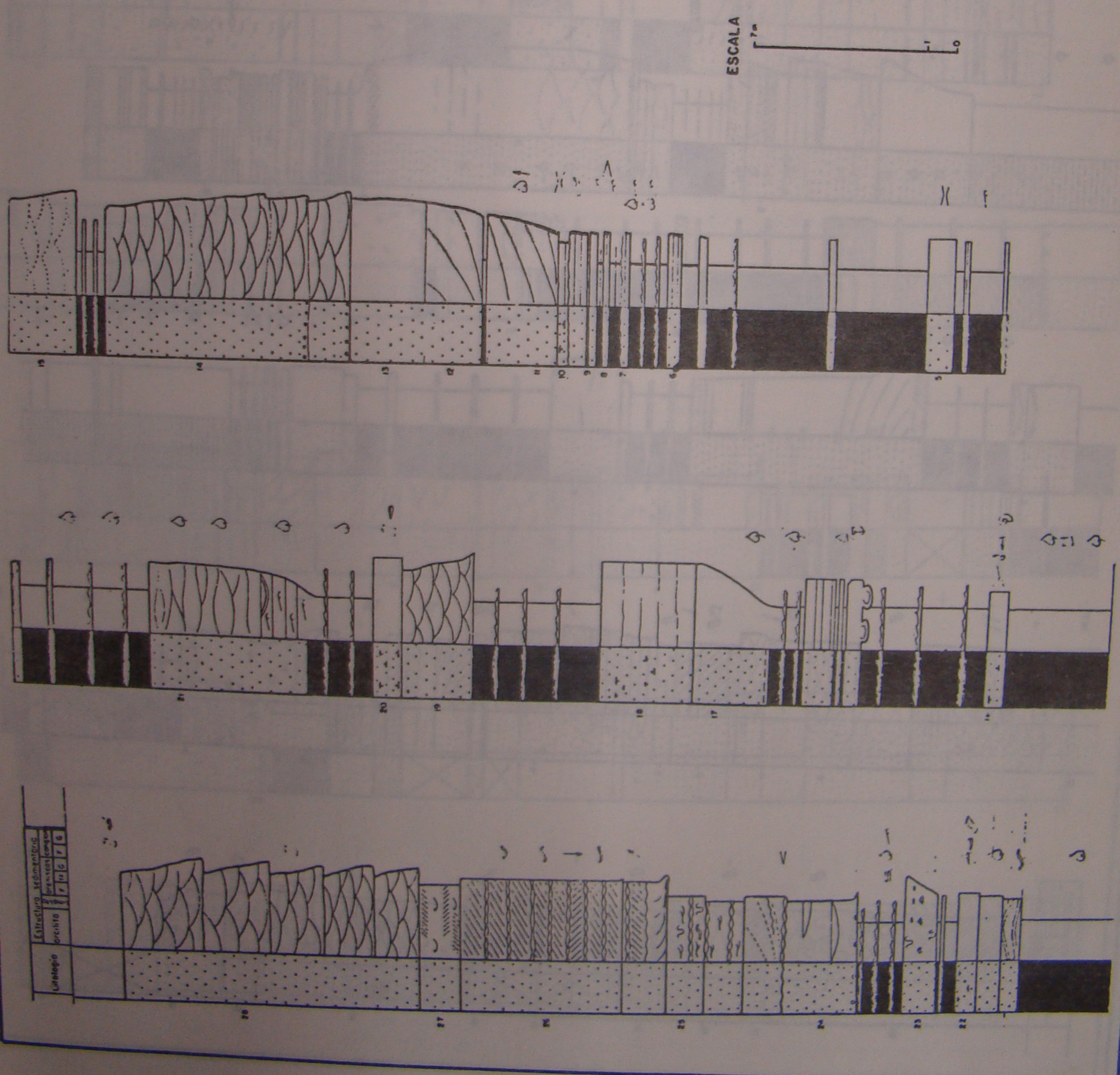
No se han registrado arcillas (primarias o autigénicas) lo cual determina una excelente permeabilidad, con gargantas porales amplias que se reflejan en los datos petrofísicos.

REFERENCIAS

-  Bedro lenticular
-  Bedro irregular
-  Estratificación paralela
-  Estratificación oblicua de gran escala
-  Estratificación entrecruzada festoneada
-  Estratificación entrecruzada planar
-  Estratificación entrecruzada sigmoidal
-  Estratificación entrecruzada tipo "hummocky"
-  Ondulitas de corriente
-  Climb-ripple marks
-  Ondulitas de agua
-  Estratificación ondulada
-  Estratificación "ficer"
-  Bioerucción (a) tubos verticales
-  Bioerucción (b) tubos horizontales
-  Restos vegetales
-  Material carbonoso
-  Trozos
-  Dirección de paleocorrientes



YPF - COMISION GEOLOGICA Nº 1  
 PERFIL PUESTO SEQUEL I  
 ADJUNTO I

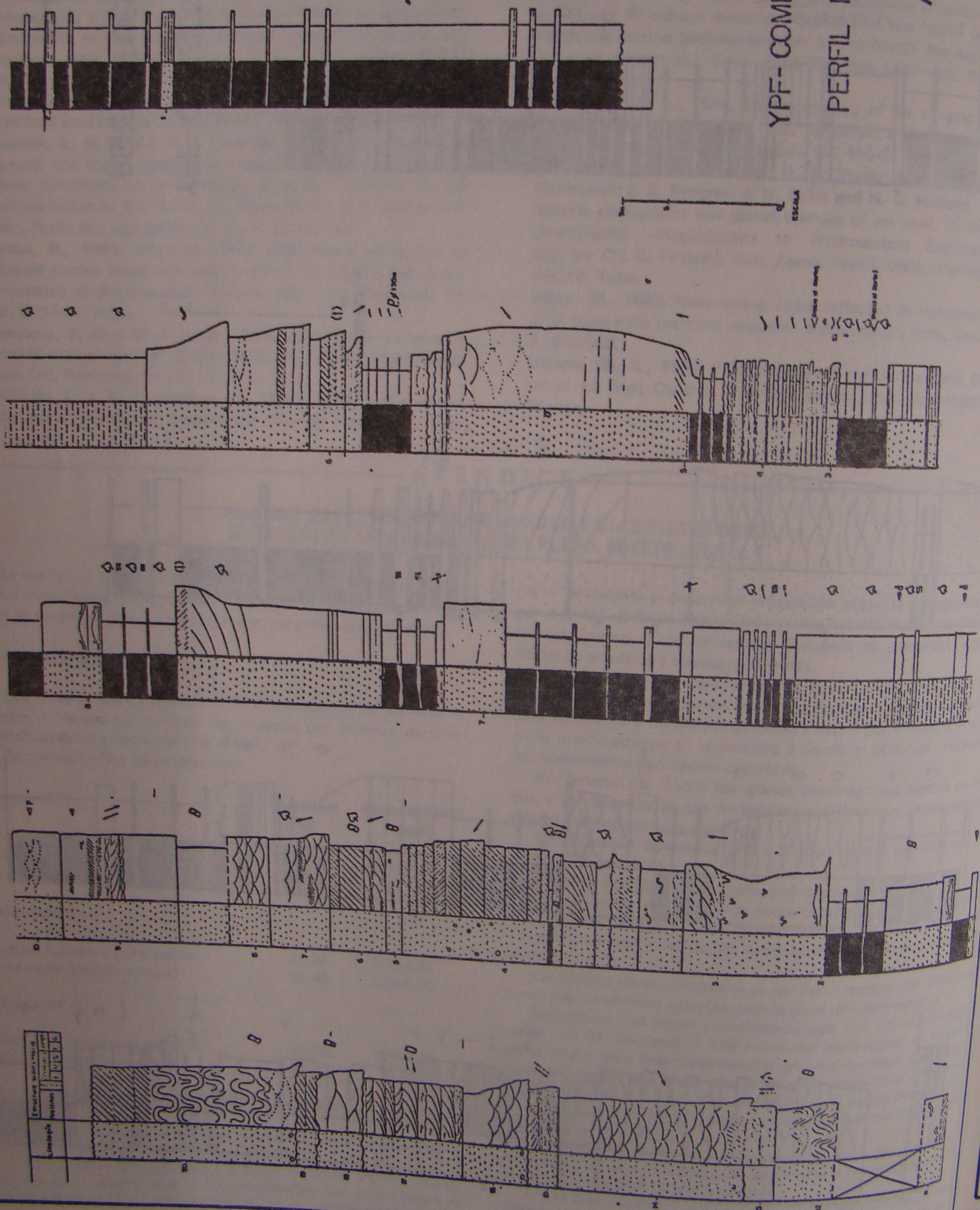


REFERENCIAS

- Bedroca horizontal
- Bedroca irregular
- Estratos laminados o laminados paralelos
- Estratificación, bloques de gran escala
- Estratificación, masiva no estratificada
- Estratificación, estratificada planar
- Estratificación, ondulada no estratificada
- Estratificación, ondulada tipo "hummocky"
- Ondulaciones de pequeña escala
- Ondulaciones de gran escala
- Estratificación ondulada
- Estratificación "hummocky"
- Estratificación ondulada
- Ondulaciones de pequeña escala
- Ondulaciones de gran escala
- Estructuras tubulares (al tubos verticales y al tubos horizontales)
- Fósiles (al bivalvos bivalvos)
- Riebles vegetales
- Tremas
- Desviación de anticlinal (si localmente)

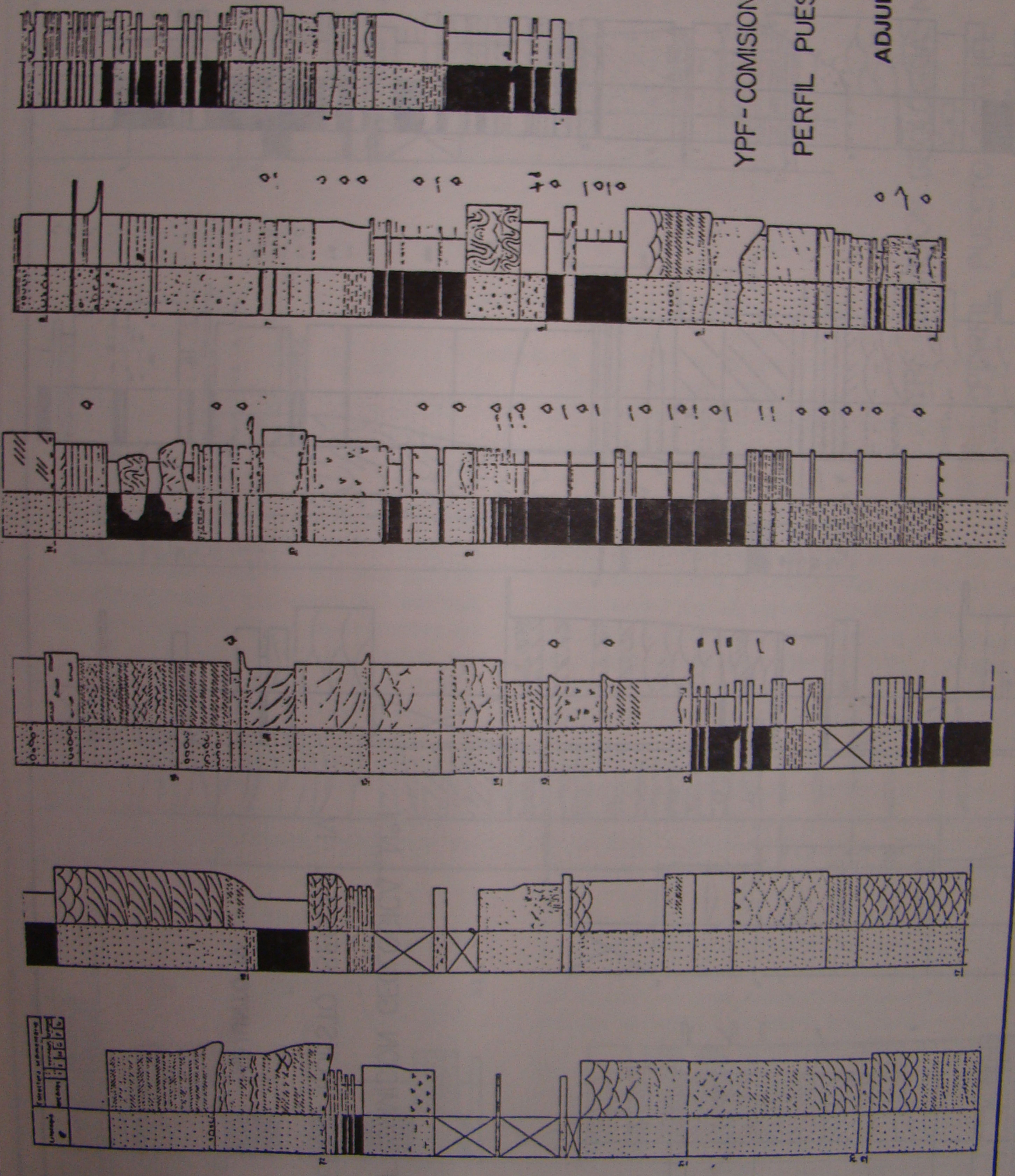
YPF - COMISION GEOLOGICA Nº 1  
 PERFIL PUESTO SEQUEL II

ADJUNTO II



REFERENCIAS

- Formas basálticas
- Formas ígneas
- Extrusivos a laminales por abas
- Extrusivos de gran tamaño
- Extrusivos subvolcánicos
- Extrusivos ultravolcánicos plomeros
- Formas con superficies de resquebrajamiento
- Extrusivos subvolcánicos
- Extrusivos tipo "hummocky"
- Extrusivos de tipo
  - a) Ombúlicas de tipo
  - b) Ombúlicas de tipo
- Extrusivos "flujos"
- Extrusivos amovibles
- Extrusivos móviles
- Extrusivos
  - a) Volcánicos
  - b) Volcánicos
- Extrusivos
  - a) Volcánicos
  - b) Volcánicos
- Extrusivos

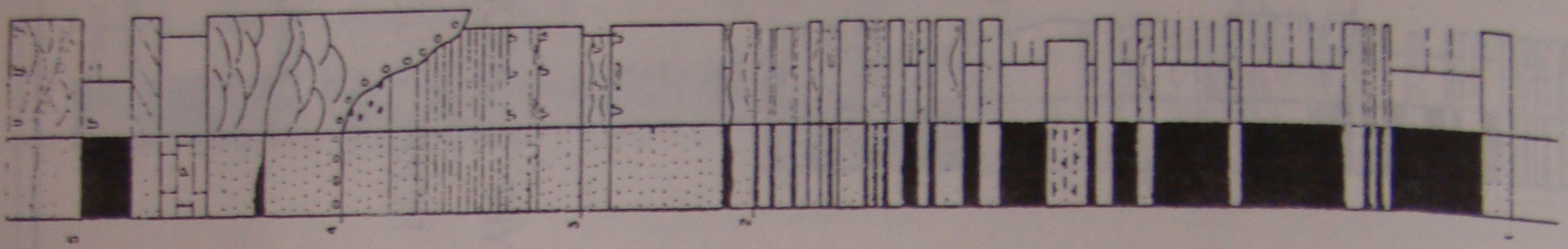
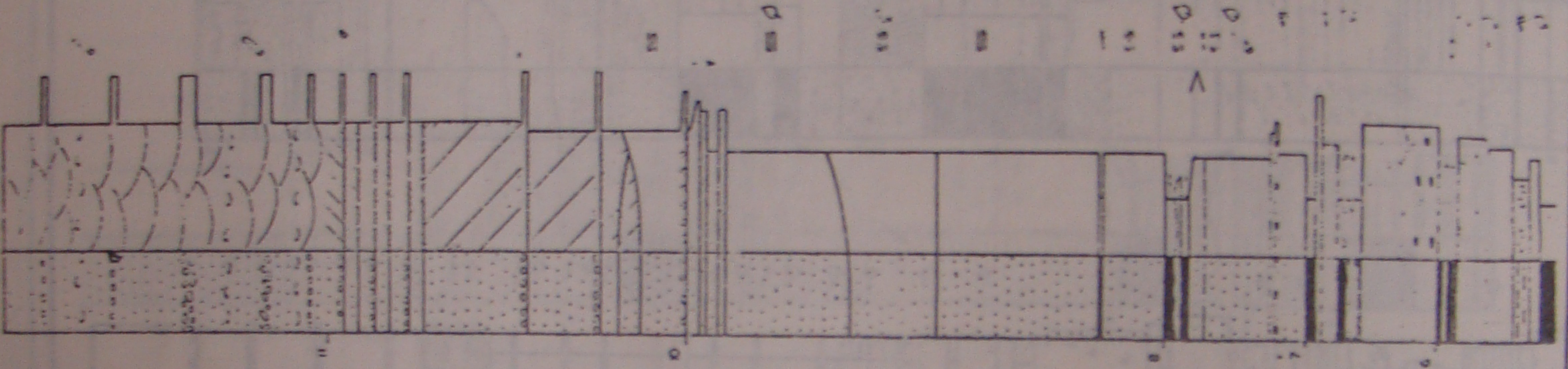
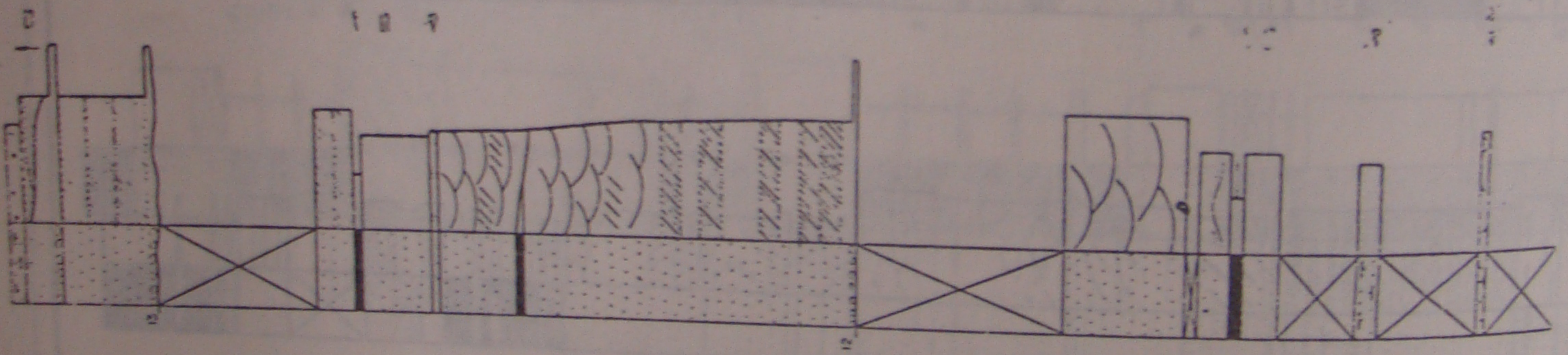
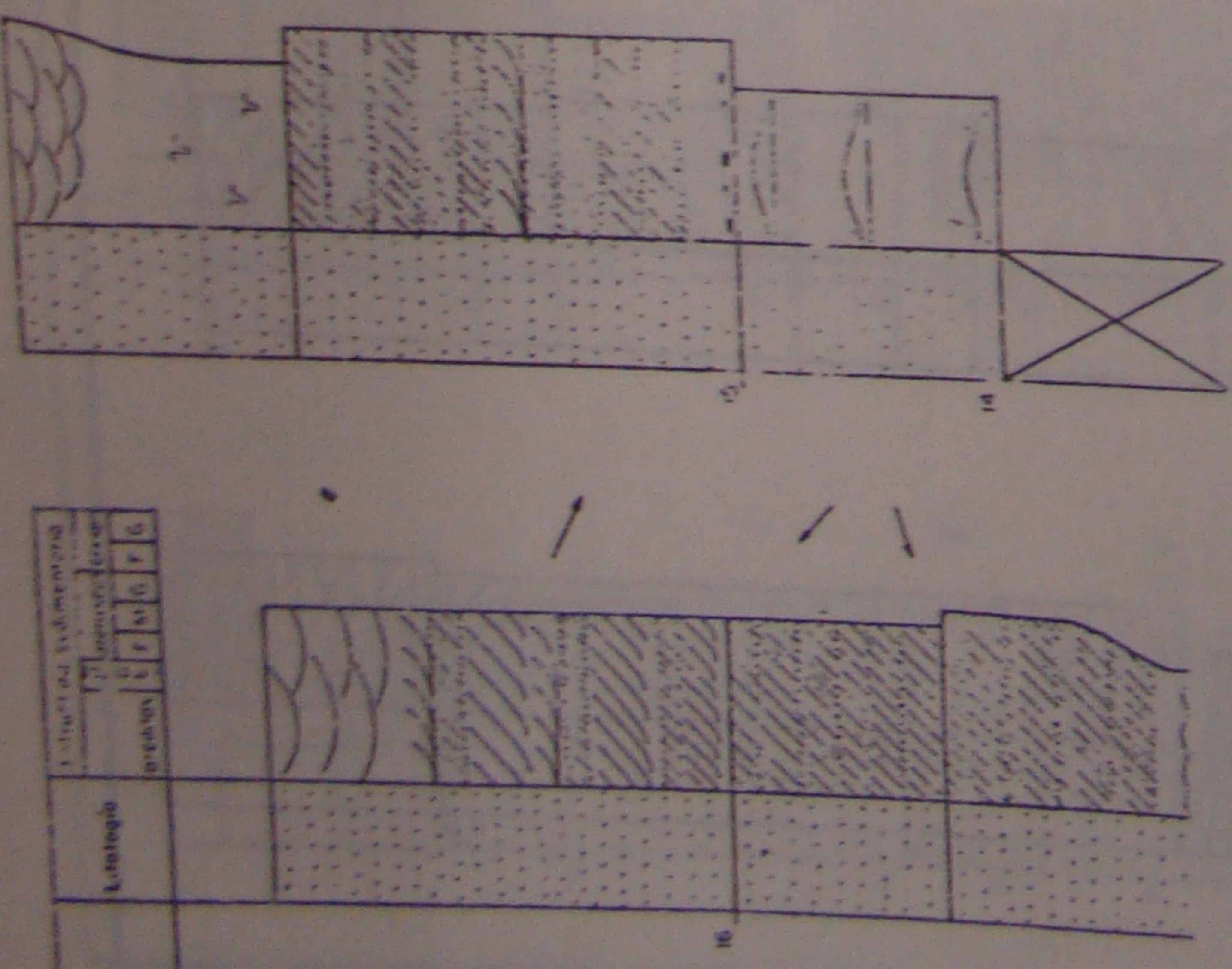


YPF - COMISION GEOLOGICA Nº 1

PERFIL PUESTO SEQUEL III

ADJUNTO III

1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6



REFERENCIAS

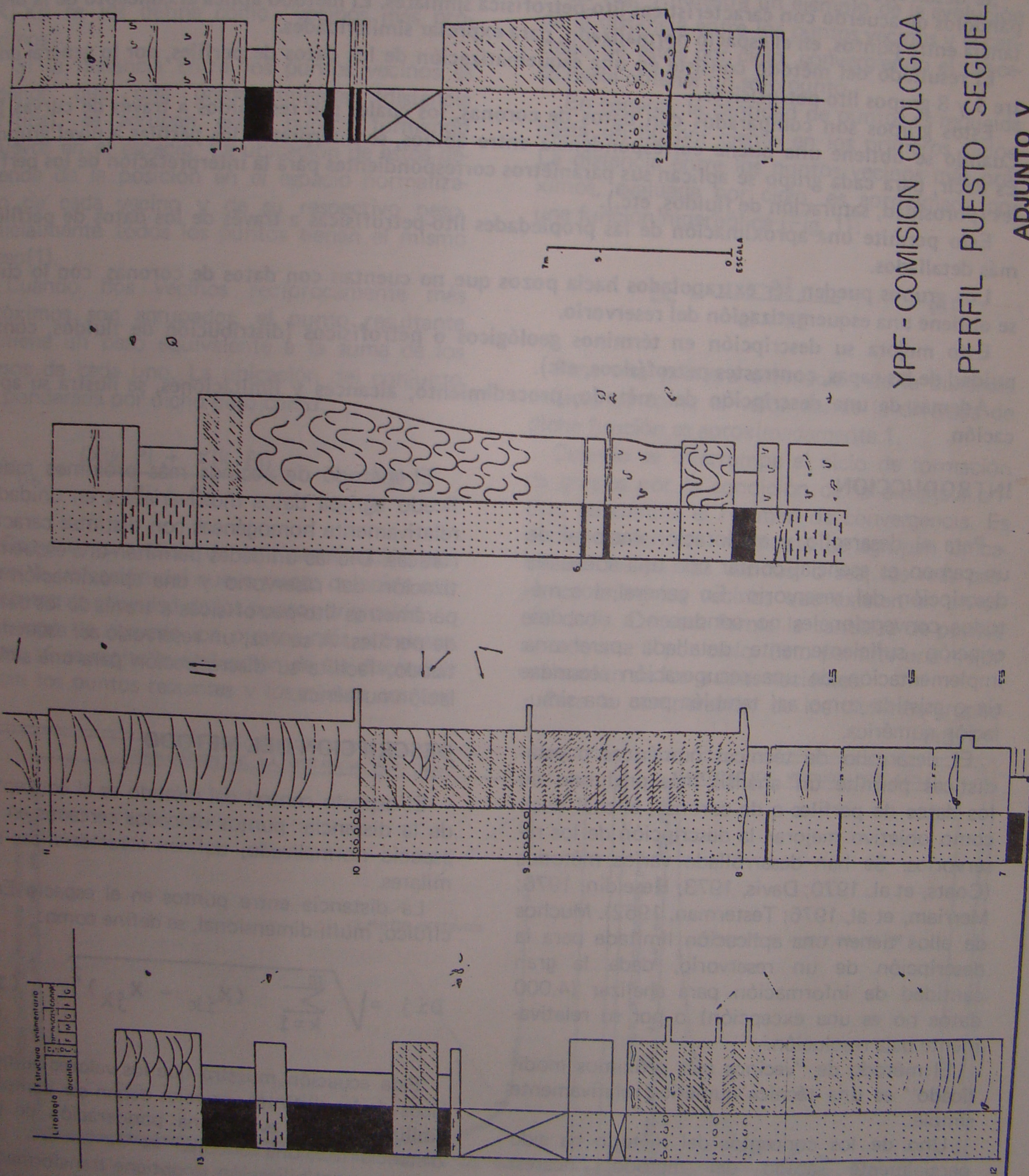
- 1. Banco lenticular
- 2. Estratificación a lomenuda paralela
- 3. Estratificación entrecruzada festoneada
- 4. Estratificación entrecruzada planar
- 5. Marm. con superficies de redondeado
- 6. Estratificación entrecruzada sinuosa
- 7. Estratificación entrecruzada tipo "humareda"
- 8. Ondulada de arenite
- 9. Ondulada de oia
- 10. Estratificación ondulada
- 11. Estratificación "lame"
- 12. Estratificación ondulada
- 13. Clastos Novales
  - 13.1. Albuhas verticales
  - 13.2. Albuhas horizontales
- 14. Foliosas
  - 14.1. Albuhas
  - 14.2. Albuhas horizontales
- 15. Actos vegetales
- 16. Troncos
- 17. Dirección de paleocorriente
- 18. Afloramiento

ESCALA

YPF - COMISION GEOLOGICA N° 1

PERFIL PUESTO SEQUEL IV

ADJUNTO IV



REFERENCIAS

- 1 Banco lenticular
- 2 Estratificación o laminación paralela
- 3 Estratificación entrecruzada testonada
- 4 Estratificación entrecruzada planar
- 5 ídem con superficies de reactivación
- 6 Estratificación entrecruzada sigmoidal
- 7 Estratificación entrecruzada tipo "hummocky"
- 8 Ondulitas de corriente
- 9 Ondulitas de oleo
- 10 Estratificación ondulada
- 11 Estratificación "flaser"
- 12 Estratificación conchuela
- 13 Costas blandas
- 14 Bioturación (a) tubos verticales (b) tubos horizontales
- 15 Fósiles (a) bivalvos (b) gastrópodos
- 16 Restos vegetales
- 17 Troncos
- 18 Dirección de paleocorrientes (N. L. C. U. S. R. I. C. A.)

YPF - COMISION GEOLOGICA Nº 1  
 PERFIL PUESTO SEGUER V  
 ADJUNTO V