

CARACTERIZACION SEDIMENTOLOGICA DEL AREA DE RIO TURBIO, CUENCA AUSTRAL (PROVINCIA DE SANTA CRUZ. REPUBLICA ARGENTINA)

J. A. Santos García*

RESUMEN

En este trabajo, se analizan las principales características sedimentológicas de los depósitos del área de río Turbio, en la Cuenca Austral Argentina.

Se determina la *existencia de depósitos marinos* (F. Cerro Dorotea) a los que se superponen depósitos típicos de zona litoral, con frecuentes oscilaciones de la línea de costa (F. Río Turbio), terminando con depósitos continentales discordantes sobre ellos. (F. Río Guillermo y Conglomerados Cerro Mirador).

Los depósitos caracterizados son muy variados (foreshore, backshore, canales tidales, llanuras mareales, áreas fluviales, etc.), ordenándose en tres megaciclos, cuya estructura interna presenta una complicada sucesión de ciclos de menor rango, que suelen corresponder a pequeñas etapas transgresivas y regresivas.

Palabras clave: *Ambiente marino y litoral, depósitos fluviales, etapas transgresivas-regresivas, Cuenca Austral, Argentina.*

ABSTRACT

The major sedimentological features of Río Turbio deposits that pertain to the Austral Argentinian Basin are *herein dealt with the sequence as established there consists of a marine environment* (Cerro Dorotea Formation), giving way to a vastly fluctuating shoreline coastal deposits (Río Turbio Formation), unconformably overlain by continental sediments (Cerro Mirador conglomerates and Río Guillermo Formation).

Environment wise local variation (foreshore, backshore, tidal channel, tidal plain, braided drainage...) fits a three megacycle pattern each one evolving through a complex succession of lesser cycles, which are but a reflection of minor transgressive-regressive phases.

Key words: *Marine and coastal environment, fluvial deposits, transgressive-regressive phases, Austral Argentinian basin.*

Introducción, situación geográfica y antecedentes

Los estudios sedimentológicos, se han revelado como pieza fundamental en la investigación y exploración de yacimientos petrolíferos, y gracias a ello, han experimentado un gran desarrollo en las últimas décadas.

El gran auge alcanzado por esta rama de la Geología, se ha extendido a otros campos y su aplicación práctica, resulta incuestionable hoy en día, en la investigación y exploración de carbón.

Es evidente, que los resultados obtenidos estarán en función del mayor o menor detalle, con que se aborde el estudio, es decir, dependerán de las diferentes etapas desarrolladas.

Este trabajo corresponde a los resultados obtenidos en una primera fase de estudio, consistente en la caracterización de los materiales, a fin de disponer de unas ideas básicas sobre los medios y procesos que han regido la sedimentación.

Dada la escasez de afloramientos existentes en la zona, como consecuencia del extenso manto fluvio-glacial que la recubre, se estudiaron una serie de sondeos, cortes de mina y superficie que abarcan la totalidad de la serie y permiten reconstruir una columna general sintética.

El estudio de los cortes y sondeos, se efectuó siguiendo la metodología usual en este tipo de trabajos, haciendo especial hincapié en la naturaleza de los

* ENADIMSA. Doctor Esquerdo, 138. 28007 Madrid.

niveles que los forman (litología, textura, estructuras, etc.), así como en las variaciones de tamaño, contactos entre capas, desarrollo lateral, etc., lo que ha permitido la caracterización de facies sedimentarias y su asociación a determinados subambientes.

El área estudiada se sitúa en el extremo suroccidental de la provincia de Santa Cruz, en el límite con Chile, a $51^{\circ}35'$ de latitud Sur y $72^{\circ}17'$ de longitud Este. Dista 270 km. de la capital de la provincia (río Gallegos), en la costa atlántica (fig. 1).

Se encuadra dentro de la cuenca del río Turbio, la más importante de Argentina en cuanto a reservas de carbón, que forma una estrecha franja desde Cancha Carrera al N, hasta la frontera con Chile en el S, con una longitud conocida de unos 47 km. y una anchura que oscila entre 2 y 7 km.

Este área se caracteriza por hallarse en la zona de transición entre la cordillera andina y las mesetas patagónicas, con un relieve relativamente suave, modelado por acción glaciar.

Los antecedentes geológicos del área de río Turbio, se remontan a finales del siglo pasado y están recopilados en el trabajo de Hunicken (1955), quien sintetizó las ideas aportadas hasta entonces, presentando un mapa y perfiles geológicos, así como la caracterización estratigráfica de los materiales, que subdividió en cuatro unidades denominadas de muro a techo: Estratos del Cerro Cazador, Estratos del Cerro Dorotea, Estratos del Río Turbio y Estratos del Río Guillermo.

Borrello (1956) propone otra división estratigráfica que se inicia en el Grupo Cerro Cazador sobre el que sitúa el Grupo Cerro Dorotea subdividido en tres secciones, la inferior que resulta equivalente a la Unidad «Estratos del Cerro Dorotea» y la media y superior que comprende la unidad «Estratos de Río Turbio».

Encima y en clara discordancia erosiva, se encuentra el Grupo Río Turbio equivalente a la unidad «Estratos del Río Guillermo» de Hunicken (1955).

Conviene resaltar que el contacto entre «Estratos del Cerro Dorotea» y «Estratos de Río Turbio» ha sido interpretado como una discordancia erosiva por Cuerda (1950), mientras que otros autores defienden la concordancia (Hunicken, 1955 y Borrello, 1956) y un tercer grupo indica la existencia de un hiato estratigráfico (Groeber y Ceccioni in Hoffstetter *et al.*, 1957; Archangelsky, 1969; Romero y Zamalao, 1985, etc.).

Dado que las descripciones realizadas por Hunicken (1955), cumplen las normas establecidas para las unidades litoestratigráficas por el Código de Nomenclatura Estratigráfica, se ha sustituido el término «Estratos» por el de «Formación» (Archangelsky, 1969), empleándose normalmente la división de este autor, que será la que utilizemos en este trabajo.

Respecto a la edad de las diferentes unidades, Ricardi y Roller (1980) asignan a la Formación

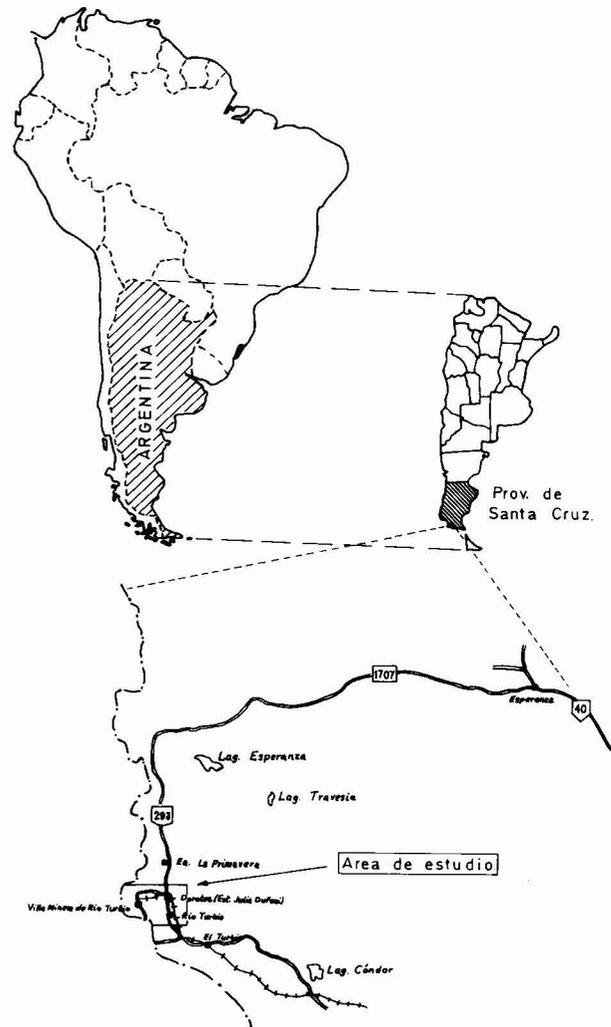


Fig. 1.—Situación del área de estudio.

Cerro Dorotea una edad Maastrichtiense-Paleoceno; la Formación Río Turbio abarcaría desde la parte alta del Eoceno inferior hasta los niveles más bajos del Eoceno superior; y para la Formación Río Guillermo, aceptan una edad Oligoceno-Mioceno. No obstante, dada la gran cantidad de estudios palinológicos que se vienen realizando en los últimos años, habrá que esperar sus resultados para tener una idea más precisa sobre la edad de estos materiales.

Unidades litoestratigráficas. Descripción

Los materiales aflorantes en este área (ver leyenda, figura 3), han sido estudiados a partir de 13 series, de las que 2 corresponden a sondeos mecánicos, 4 a columnas realizadas en mina y 7 a zanjas y afloramientos de superficie.

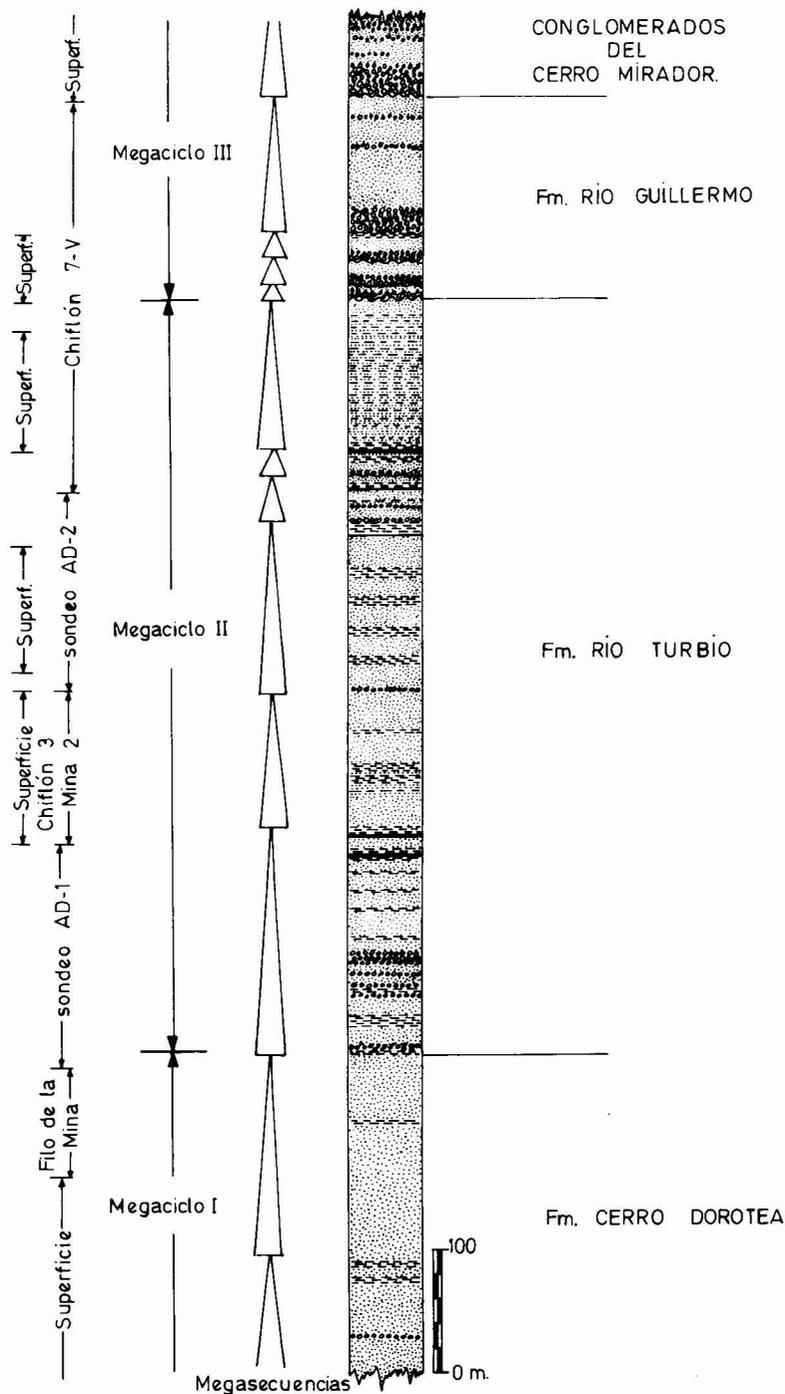


Fig. 2.—Columna sintética general.

Estas series se han integrado en una Columna Sintética General (figura 2) que comprende la parte superior de la Formación Cerro Dorotea, la Formación Río Turbio, parte de la Formación Río Guillermo y

una unidad que denominamos Conglomerados del Cerro Mirador.

A continuación vamos a describir las características de cada una de las unidades.

| | | | |
|---|------------------------|---|--|
|  | carbón. |  | estrat. cruzada entre superf. erosivas. |
|  | limos y arcillas. |  | estrat. cruzada con inclinac. complejas. |
|  | areniscas. |  | gran escala |
|  | conglomerados. |  | media escala |
|  | recubrimiento. |  | pequeña escala |
|  | equinodermos. |  | gran escala |
|  | fauna en general. |  | media escala |
|  | lamelibranquios. |  | pequeña escala |
|  | peces. |  | estrat. cruzada en surco. |
|  | lumaquela. |  | estratificación flaser. |
|  | foraminíferos. |  | " lenticular. |
|  | ostrácodos. |  | acuñamiento lateral. |
|  | diatomeas. |  | herring-bone. |
|  | troncos. |  | laminación paralela. |
|  | flora no clasificable. |  | " cruzada. |
|  | flora clasificable. |  | ripples de corriente. |
|  | flora carbonizada. |  | " " oscilación. |
|  | suelo de vegetación. |  | huellas de carga. |
| | |  | hard-ground. |
| | |  | imbricación. |
| | |  | gradación normal. |
| | |  | marcas de corriente. |
| | |  | paleocanales. |
| | |  | cantos blandos. |
| | |  | bioturbación. |
| | |  | perforaciones. |

Fig. 3.—Leyenda para las figuras 2, 4, 5 y 6.

Formación Cerro Dorotea

Se estudiaron un total de 257 m. que representan la parte superior de la unidad (fig. 4).

De muro a techo se diferencian los siguientes tramos.

1. 28 metros de areniscas de grano fino a medio, dispuestas en secuencias métricas, granodecrecientes y estratocrecientes, que pasan a areniscas con ripples métricos de crestas rectas, alineados en dirección N-S, cuya estructura interna presenta estratificación cruzada planar de media escala, con láminas de foreset inclinadas al O. La parte superior aparece bioturbada y con alineaciones de minerales pesados.

Las secuencias métricas de la parte inferior, se inician con estratificación tipo «herringbone» que gradualmente pasa a estratificación cruzada planar, de pequeña escala y termina en niveles finos con «ripples» de oscilación muy claros.

Los últimos 10 m. del tramo no son reconocibles.

2. 12 metros que comienzan con un nivel conglomerático (1-2 m.), cuyos clastos oscilan entre 1 y 2 cm. de tamaño, bien redondeados, con gradación normal, ligeras imbricaciones de cantos y estratificación cruzada difusa.

Sobre ellos y de forma gradual, se pasa a areniscas (8 m.) de gruesas a finas y aspecto masivo, que terminan en arenas limosas (2 m.) dando un conjunto bastante meteorizado, con rasgos de bioturbación y algunos restos vegetales flotados.

3. 38 metros en los que los 30 primeros aparecen prácticamente cubiertos. Los 8 restantes corresponden a areniscas de grano medio a fino, con estratificación cruzada de bajo ángulo en «cosets» bipolares, e inclinación dominante hacia el O.

Se ordenan en secuencias cuya base presenta concentraciones de conchas orientadas y a techo «ripples» de oscilación.

4. 11 metros compuestos por arcillas pardas (3 m.) carbonosas con hilos de carbón, areniscas (4 m.) de grano fino y aspecto masivo que de forma gradual pasan a arcillas carbonosas (4 m.), con niveles intercalados de carbón sucio.

5. 70 metros de areniscas en las que se diferencian varios niveles de 8 a 10 metros caracterizados por diferente tonalidad,

que se ordenan en secuencias estratodecrecientes de orden métrico, con una estructura interna en la que predomina la estratificación cruzada de bajo ángulo.

En algunos niveles se observan concentraciones de conchas y «parting-lineation», así como presencia de fauna marina.

Después de 20 m. cubiertos, aparecen dos niveles areniscosos que dan resalte topográfico y tienen gran continuidad lateral, con estratificación cruzada de bajo ángulo, en ocasiones bipolar y tonoso verdosos típicos.

6. 96 metros de un conjunto fundamentalmente arenoso que presenta malos afloramientos, por lo que se ha reconstruido a partir de observaciones puntuales.

Comienza con un gran espesor de areniscas (42 m.), sin aparente estructuración y con abundante fauna marina, que en la parte alta pasa a términos limolíticos con fauna. A lo largo del tramo, se intercalan pequeños niveles lumaquéllicos.

La mitad superior presenta características similares, con 36 m. de areniscas con estratificación cruzada de bajo ángulo y 6 m. de limos arcillosos muy meteorizados, ligera bioturbación y un nivel lumaquéllico (20 cm.) intercalado con poco desarrollo lateral, que pasa a microconglomerados.

Formación Río Turbio

Constituye la Formación más interesante del área, ya que en ella se sitúan las capas (mantos) de carbón.

Se han estudiado 584 m de serie, dividida en cinco unidades, que de muro a techo son (fig. 5):

- Unidad inferior (U.I.).
- Complejo carbonoso inferior (C.C.I.).
- Unidad intermedia (U.I.N.).
- Complejo carbonoso superior (C.C.S.).
- Unidad superior (U.S.).

Los tramos diferenciados son los siguientes:

1. 7,3 metros de areniscas y conglomerados en dos niveles, el primero de 30 cm. y el superior de 2 m. con un nivel de

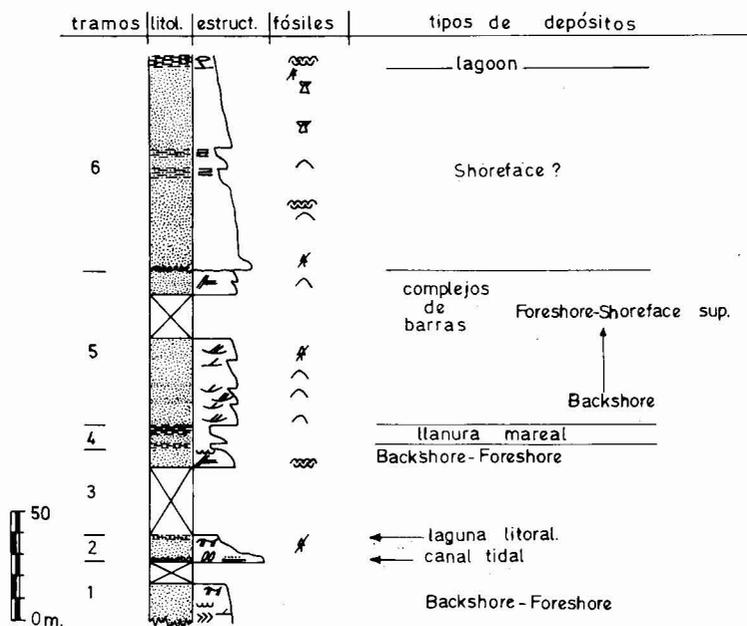


Fig. 4.—Columna esquemática en la parte superior de la Formación Cerro Dorotea.

areniscas intercalado. Los conglomerados presentan base erosiva y abundantes troncos silicificados, clastos de 1,5 a 5 cm. y estratificación cruzada de bajo ángulo. Son matriz soportados.

Las areniscas tienen estratificación cruzada en surco y el conjunto se acuña lateralmente.

2. 17 metros de areniscas de grano medio a fino y aspecto masivo, con pequeños lentejones de limolitas y arcillas intercalados, más frecuentes hacia techo.

3. 10 metros de areniscas y limolitas ordenadas en complejas secuencias granodecrecientes, con restos de fauna marina, estratificación lenticular y «flaser» y ocasionalmente «ripples» de pequeño tamaño.

De manera esporádica, se observa alguna secuencia arenosa granocreciente, aunque de escaso desarrollo lateral.

4. 8-10 metros de areniscas en secuencias grano y estratodecrecientes, con términos limolíticos intercalados a techo.

Presentan fauna marina, escasos restos vegetales y localmente estratificación «flaser» y lenticular.

5. 12 metros de limos y arcillas con fauna marina y restos vegetales carbonizados. En la base nivel conglomerático de pocos centímetros.

6. 26 metros de conglomerados y areniscas, ordenados en secuencias granodecrecientes con base erosiva, y paso gradual a areniscas gruesas y medias, con intercalación de limolitas y algunas briznas vegetales. La parte superior aparece algo bioturbada y con fauna marina escasa.

Los conglomerados son de clastos ligeramente aplanados, de subangulosos a subredondeados y tamaño máximo 4 cm.

7. 17 metros de conglomerados con frecuentes superficies de reactivación y algunos niveles arenosos con fauna marina, intercalados hacia la parte alta.

8. 63 metros fundamentalmente de areniscas, ordenadas en secuencias granodecrecientes de bastante espesor.

Estas secuencias se inician por areniscas gruesas, con cantos dispersos, pasando de forma gradual a areniscas finas y limos arcillosos con restos vegetales carbonizados y bioturbación.

La base de las secuencias suele ser erosiva y la mitad inferior del tramo contiene abundante fauna marina.

9. 15 metros que constituyen el denominado Complejo Carbonoso Inferior, cuyo perfil medio puede esquematizarse como sigue:

- Carbón (3,5 m.) con intercalaciones centimétricas de estériles.
- Arcillas pardas (3-4 m.) con lentejones de arenisca fina y restos vegetales.
- Areniscas arcillosas friables (6 m.) con restos vegetales.
- Carbón (1,6 m.).

10. 6 metros de arenas y limos en secuencias granodecrecientes con estratificación cruzada y rápido cambio lateral de facies. La parte alta de las secuencias presenta ripples de oscilación, bioturbación y «hard-ground» de poco desarrollo.

11. 23 metros de areniscas de grano fino y limolitas en secuencias granodecrecientes con estratificación lenticular y «flaser», bioturbación y algunos niveles con fauna marina intercalados.

12. 49 metros alternando areniscas y limos en secuencias granodecrecientes. Las secuencias se inician con depósitos gruesos de poco espesor que gradualmente pasan a areniscas con estratificación cruzada planar, en cosets bipolares y terminan en niveles areno-limosos, con «ripples» de oscilación y restos vegetales.

Las láminas de «foreset» mejor desarrolladas, indican sentido O.

13. 19 metros. Areniscas con estratificación cruzada de bajo ángulo y frecuentes superficies de reactivación, dando un tramo de gran complejidad interna.

14. 18 metros. Areniscas en secuencias granodecrecientes, con depósitos más gruesos en la base, en tránsito a niveles arenosos finos, con estratificación cruzada de bajo ángulo y limolitas bioturbadas con «ripples».

15. 18 metros. Conglomerados y areniscas en secuencias métricas, con base erosiva.

Los conglomerados son matriz soportados, con clastos redondeados, de tamaño medio 1 cm., y abundantes troncos silicificados.

La parte superior de las secuencias son areniscas, que hacia techo pasan a términos limo-arcillosos con restos vegetales.

16. 48 metros. Areniscas y limos con niveles de conchas en posición horizontal, estratificación lenticular y «flaser», «ripples» de mediana escala y abundante fauna marina.

Hacia la mitad del tramo se observa un potente nivel (9 m.) arenoso con base ligeramente erosiva, cantos dispersos y estratifi-

cación cruzada de pequeña escala, que termina con ripples de cresta ondulada.

17. 26 metros de un conjunto arenoso con abundante fauna marina y variaciones texturales, que permiten diferenciar niveles sin aparente estructura interna. Termina en 7 m. de arenas limosas, con estratificación lenticular y laminación cruzada.

18. 31 metros. Areniscas con finos niveles de limos intercalados, que aumentan de tamaño hacia techo, donde aparecen algunos lentejones de conglomerados.

Destaca la presencia de conchas asociadas a determinados niveles, que pueden llegar a constituir coquinas, así como tubos silicificados con núcleo arenoso, de gran parecido con los *skolithos* y *tigillites*.

19. 9 metros. Limos arcillosos entre los que se encuentra una capa de carbón (capa B) con estériles en niveles centimétricos. Son frecuentes los restos vegetales carbonizados y los hilos de carbón.

20. 16 metros. Conglomerados con base erosiva que hacia techo pasan a areniscas de aspecto masivo, con algún canto disperso. Termina en un conglomerado que se acuña lateralmente.

21. 8 metros. Arcillas y limos de tonos verdosos, con estratificación «flaser» y lenticular, que hacia techo presentan abundantes restos vegetales carbonizados.

22. 10 metros. Areniscas en secuencias granodecrecientes, con cantos diseminados y algún nivel conglomerático en la base.

23. 10 metros constituidos por arcillas y limos oscuros entre los que se intercala la capa A (2 m.) que hacia techo presenta un *tonstein*. Los 4 m. superiores corresponden a areniscas y arcillas verdes con laminación paralela e hilos de carbón.

24. 16 metros forman una secuencia granodecreciente, iniciada por 4 m. de conglomerados con base erosiva, que lateralmente se acuñan. Encima alternancia de areniscas y limos (8 m.) cada vez más finos, con laminación paralela, que terminan con 4 m. de carbón (capa Dorotea).

25. 6 metros. Areniscas con intercalaciones arcillosas, algunos restos vegetales e hilos milimétricos de carbón.

26. 16 metros. Secuencias granodecrecientes y estratocrecientes de areniscas, con niveles lumaquéllicos en la base pasando gradualmente hacia areniscas de grano fino, con estratificación flaser, bioturbación y criterios de emersión.

Los 5 últimos metros corresponden a una secuencia granocreciente con base erosiva y presencia de cantos blandos, fauna marina y techo bioturbado.

27. 26 metros iniciados por un nivel lumaquéllico sobre el que aparecen gravas con troncos carbonizados y areniscas con restos vegetales. El resto se ordena en secuencias arenosas positivas, cada

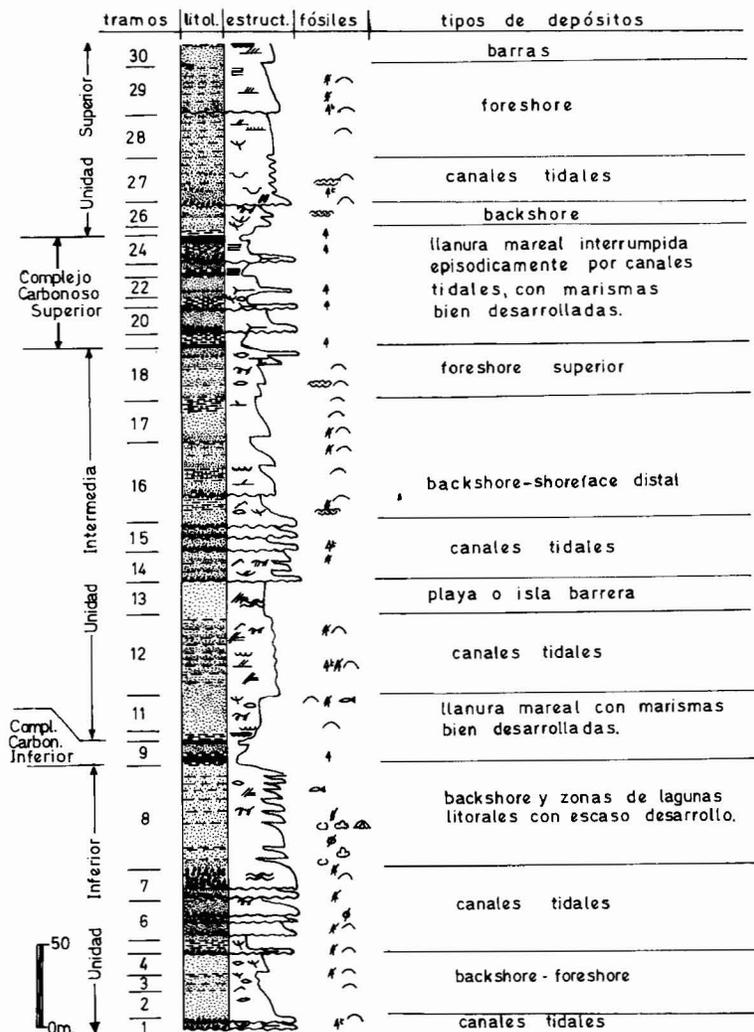


Fig. 5.—Columna esquemática de la Formación Río Turbio.

vez de menor energía, observándose con frecuencia estructuras de canales.

28. 27 metros de areniscas y limolitas ordenadas en secuencias positivas con estratificación «flaser».

En los 8 m. de techo se observa estratificación cruzada planar de media escala y granoselección normal, así como fauna marina.

29. 28 metros. Areniscas y limos en secuencias granodecrescentes de poco espesor, con estratificación cruzada y fauna marina escasa. En la base se encuentran niveles con concentración de cantos.

La zona superior del tramo es más fina, con predominio de laminación paralela y algunas briznas vegetales.

30. 14 metros. Secuencias arenosas positivas de orden métrico, iniciadas por un nivel de cantos (20 cm.) muy homométrico, de tamaño medio próximo al centímetro. Son frecuentes las superficies de reactivación, resaltadas por concentración de cantos, así como estratificación cruzada de bajo ángulo y gran escala. En la parte final del tramo se encuentra un «hard-ground» bien desarrollado de 0,5 m. de espesor.

Formación Río Guillermo

Se han estudiado 162 m. de esta unidad, que se apoya sobre la Formación Río Turbio en clara discordancia erosiva.

Los tramos diferenciados son los siguientes de muro a techo (figura 6):

1. 15 metros. Conglomerados con base erosiva y troncos silicificados de hasta 2 m. Los clastos presentan contactos puntuales y matriz de arenosa a microconglomerática. Tamaño medio, 3-5 cm. Tamaño máximo, 15 cm. Se ordenan en secuencias positivas con estratificación cruzada, intercalándose lentejones arenosos más frecuentes hacia la parte alta.

2. 15 metros. Conglomerados con base erosiva de características similares al tramo infrayacente, aunque de tamaño menor.

Hacia la parte alta son frecuentes las superficies de reactivación marcadas por concentración de cantos.

3. 10 metros. Areniscas con estratificación cruzada en surco de media escala y frecuentes canales, con menor desarrollo lateral hacia el techo. Localmente se identifican pequeñas barras.

Este tramo termina en arenas finas y lutitas con depósitos de morfología en cuña y base plana, sobre los que se sitúan niveles finos con abundante materia orgánica y restos vegetales.

4. 16 metros. Secuencias positivas constituidas por conglomerados con base erosiva, que pasan en vertical a areniscas cada vez más finas. Estratificación cruzada de media escala en la base y de pequeña escala a techo.

Hacia el final del tramo se observan intercalaciones de limos arcillosos con gran continuidad lateral, que a veces contienen gran cantidad de restos vegetales carbonizados.

5. 20 metros. Conglomerados con clastos de hasta 15 cm., ordenados en secuencias positivas difíciles de observar. Localmente troncos silicificados.

6. 20 metros. Conjunto arenoso de grano grueso y medio, que hacia techo pasa a fino con intercalaciones limo-arcillosas, que en ocasiones presentan abundantes restos vegetales carbonizados, hilos de carbón y raramente suelos de vegetación.

7. 28 metros. secuencias positivas de orden métrico, constituidas por un término arenoso de grano grueso a medio, con estratificación cruzada en la base, y limos con restos vegetales carbonizados, hilos de carbón y presencia de algunos suelos en la parte superior.

8. 38 metros. Similar al tramo anterior, pero con niveles basales de gravas.

Conglomerados del Cerro Mirador

Esta unidad se sitúa sobre la Formación Río Guillermo en discordancia erosiva, diferenciándose los tramos siguientes (fig. 6):

1. 4 metros. Conglomerados en bancos (20-60 cm.), clasto-soportados y matriz de arenosa a microconglomerática, alternando con lentejones de arenisca con estratificación cruzada y láminas de «foreset» inclinadas hacia el sur. En todo el tramo son variados los cambios laterales rápidos, las superficies de reactivación y localmente se observa imbricación de cantos.

2. 6 metros. Conglomerado de aspecto desordenado, con tramos silicificados, granoselección normal y depósitos de «lag», sobre los que se sitúan areniscas con estratificación cruzada y bioturbadas a techo.

Este tramo pasa lateralmente a microconglomerados, aumentando de espesor.

3. 12 metros. Conjunto de conglomerados y areniscas, ordenados en secuencias positivas que representan canales de orden métrico, con abundantes superficies de reactivación y localmente imbricación de cantos.

4. 28 metros de los cuales los 12 m. superiores aparecen

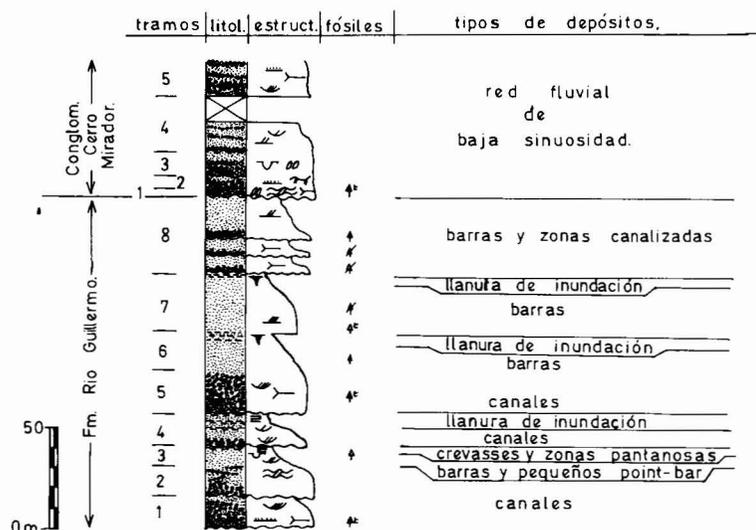


Fig. 6.—Columna esquemática de la Formación Río Guillermo y de los Conglomerados del Cerro Mirador.

recubiertos. La mitad inferior corresponde a conglomerados con base erosiva y areniscas con estratificación cruzada planar de media escala.

Encima se encuentran microconglomerados con clastos redondeados dispersos y localmente se observan barras con inclinación de las láminas de «foreset» hacia el S, así como niveles con estratificación cruzada en surco, de pequeña y media escala.

El tramo visible termina en areniscas gruesas, con superficies de reactivación marcadas por cantos alineados.

5. 18 metros. Constituidos por 8 metros de conglomerados sin estructura aparente, sobre los que se apoya una alternancia (7 m.) de conglomerados y areniscas de grano grueso a medio, que corresponden a megaripples con estratificación cruzada, con frecuentes superficies de reactivación y láminas inclinadas hacia el E.

Termina en 3 m. de conglomerados con granoselección normal difusa y aspecto similar a los ya descritos. Tamaño máximo, 15 cm.

Tipos de depósitos

El conjunto de depósitos estudiados corresponde a diferentes ambientes dentro de los que es posible diferenciar una serie de subambientes, cuyas principales características se exponen a continuación.

Depósitos de «Shoreface»: están formados por sedimentos finos de tamaño arena, limo o arcilla.

En las zonas de menor profundidad es frecuente la presencia de estratificación cruzada, en la que a veces se aprecia inclinación opuesta de los «sets» por acción del flujo y reflujó. En zonas más profundas se observa laminación paralela, cruzada y bioturbación, en tránsito a zonas de mar abierto («offshore»).

Depósitos de «Foresore»: son sedimentos bien seleccionados por acción del oleaje, con laminación paralela de alta energía inclinada hacia el mar y frecuentes superficies de discordancia entre grupos de láminas.

Se pueden formar sistemas de barras y surcos (ridge y runnel), cuya migración da lugar a estructuras complejas con estratificación cruzada y superficies de truncación en las barras, mientras que en los surcos se observa laminación cruzada o «flaser» (Dabrio, 1982 a y b).

Depósitos de «Backshore»: presentan laminación paralela discontinua y acumulación de conchas y cantos o minerales pesados, como respuesta a etapas de inundación y buen tiempo, respectivamente.

Depósitos de «Lagoon»: están constituidos por sedimentos de grano fino, con laminación paralela propia de aguas tranquilas. Es abundante la materia orgánica y los restos de plantas. En ocasiones la bioturbación puede ser elevada.

Suelen asociarse con subambientes mareales.

Depósitos de tormenta o «Washover»: son areniscas de grano medio a fino que suelen alternar con limolitas arenosas. En ocasiones, presentan nódulos, restos vegetales y algunos fósiles rotos.

Los cambios laterales son muy rápidos.

Depósitos de canales tidales: corresponden a areniscas de grano grueso-medio con estratificación cruzada en surco.

En la base es frecuente la presencia de gravas, cantos blandos, granos de carbón y troncos, que constituyen los depósitos de «lag».

Hacia techo la estratificación cruzada pasa a planar y aparece laminación de «ripples».

Se estructuran en secuencias positivas, superponiéndose sobre los depósitos propios de canal, sedimentos mareales e incluso dunas (Kumar y Sanders, 1974).

Depósitos de llanura mareal: son depósitos que constituyen secuencias complejas, formadas por alternancia de limolitas y lutitas con estratificación lenticular y «flaser», restos vegetales y fuerte bioturbación.

Depósitos de Barras: están formadas por areniscas de grano medio a fino con estratificación cruzada planar, que representan barras submareales con secuencias positivas en las zonas más profundas.

En ocasiones aparecen facies similares, muy bien calibradas y en bancos métricos masivos, que corresponden a islas barrera.

Depósitos de marismas: se trata de alternancias mili y centimétricas de areniscas, limolitas y lutitas, con laminación paralela, lenticular y «flaser» y frecuentes restos vegetales flotados.

Son muy similares a los depósitos de llanura mareal y lagoon, caracterizándose por el desarrollo de carbón.

Depósitos fluviales: la mayor parte de los materiales de la Formación Río Guillermo y de los Conglomerados del Cerro Mirador, corresponden a *depósitos de canal*, que están formados por conglomerados y areniscas de grano grueso, con base erosiva, observándose con frecuencia la superposición de depósitos de «lag» que indican varias etapas de erosión y relleno.

También se diferencian facies de *barras* donde predominan los términos arenosos, siendo difícil caracterizar si se trata de depósitos de creación lateral o longitudinal.

De manera subordinada se caracterizan depósitos de desbordamiento, que están representados por facies de *llanura de inundación* formadas por materiales finos con bastante desarrollo lateral.

Localmente, se ha determinado la presencia de algunos depósitos de «*crevasse-splays*», como indica su morfología en cuña y base plana, compuestos por arenas finas y lutitas.

Evolución de ambientes sedimentarios

Dentro de los materiales estudiados, pueden diferenciarse tres grandes megaciclos (fig. 3) que representan un cambio importante en la evolución y distribución de los subambientes.

El primer megaciclo (I) está representado por los materiales que pertenecen a la Formación Cerro Dorotea, el segundo (II) por los de la Formación Río Turbio y el tercero (III) por la Formación Río Guillermo y los Conglomerados del Cerro Mirador.

Cada uno de estos megaciclos presenta una complicada estructuración interna, en la que es posible diferenciar ciclos de menor rango, que caracterizan los diferentes ambientes y subambientes identificados.

De manera resumida, vamos a señalar las principales características de cada uno de los megaciclos indicados.

Megaciclo I

Este megaciclo no está completo, ya que existen materiales a muro de la serie estudiada que no son contemplados en este estudio (fig. 4).

Se inicia con depósitos litorales propios de un subambiente fuertemente influido por mareas, como denota la presencia de estructuras tipo «herringbone», «ripples» de oscilación, etc., en el que se han desarrollado megaripples cuyas paleocorrientes indican la existencia de flujos paralelos a la costa («longshore currents») y donde posteriormente, se sitúan depósitos que pueden ser interpretados como pequeños canales tidales.

El tramo 2, a pesar de no estar bien representado en el registro geológico, tiene características de un área más tranquila y dada su posición en la columna, podría atribuirse a pequeñas lagunas litorales donde se producirían incursiones marinas con aporte de material arenoso, mientras que en períodos de calma sedimentarían los finos.

Los siguientes depósitos representan un conjunto de barras afectadas por las mareas, donde por acción del flujo y reflujo se concentran conchas en las zonas de surco. De forma progresiva se instala una llanura mareal con reducidos aportes arenosos, en la que se observan localmente depósitos de tormentas («washover»), propios de un contexto transgresivo, dando pequeñas áreas restringidas en las que se acumula materia orgánica constituyendo zonas de marismas s.l. (techo tramo 4). El tramo 5 constituye un potente conjunto arenoso que en la base presenta facies de «backshore», con niveles de conchas y pequeñas alineaciones en las zonas de surco de «megaripples», mientras que hacia la parte alta se caracteriza un complejo de barras submareales, pasando de manera más o menos gradual a facies finas con abundante fauna marina (tramo 6), que denotan profundización del medio, aunque sin sobrepasar la parte distal del «shoreface».

Al final se observan unos 6 m. de facies propias de lagoon, constituidas por niveles limosos bioturbados, con estratificación lenticular y abundantes restos vegetales, que representa un cambio muy brusco en la superposición de subambientes, pudiendo marcar el hiato estratigráfico entre la Formación Cerro Dorotea y la Formación Río Turbio, ya que la concordancia es clara y no se explica un salto tan brusco por otras causas.

Megaciclo II

El segundo megaciclo está constituido por la Formación Río Turbio (fig. 5) y los primeros depósitos representados, corresponden a canales tidales que migran lateralmente, dando secuencias con gravas en la base sobre las que se depositan areniscas, con frecuentes superficies de reactivación que indican fluctuaciones en el régimen de flujo.

El medio evoluciona en vertical hacia depósitos de «backshore-foreshore», con algunos niveles que pueden interpretarse como depósitos de tormentas («washover») y pequeñas áreas de lagunas costeras de escaso desarrollo.

A partir del tramo 5 vuelven a caracterizarse depósitos de canales tidales, que comunican el mar con las lagunas costeras y el «lagoon». Estos canales aparecen cada vez mejor desarrollados, migrando a lo largo de la costa, con gran proporción de materiales gruesos depositados por acción del flujo, mientras que el reflujo retornaría los finos hacia el mar, produciéndose una destrucción progresiva de la zona ocupada por las islas barrera.

Los depósitos del tramo 8 presentan en su mitad inferior abundante fauna marina que caracteriza un medio litoral, restringido y poco profundo, cada vez con más influencia continental, que podría corresponder a pequeñas lagunas costeras en la zona de «backshore».

A continuación se sitúa el C.C.I. (tramo 9) que caracteriza una llanura mareal s.l. en una zona con amplias marismas, donde se acumula gran cantidad de materia vegetal en condiciones de drenaje deficiente, que permitirá la formación de capas de carbón.

Los tramos 10 y 11 representan un ambiente poco profundo, con frecuentes zonas emergidas y afectado por la acción de los mares, con presencia de bioturbación, «hard-ground» poco extensos y «ripples» de oscilación, que corresponden a una llanura mareal bien desarrollada, en la que se observan algunos niveles que denotan la presencia de pequeños canales distributarios.

Encima (tramo 12), se sitúa una zona de canales tidales, en los que por la acción del flujo marino y aprovechando los canales, se depositan materiales de arrastre de fondo, que quedan restringidos a pequeñas áreas. Sobre ellos se depositan areniscas que van rellenando dichos canales y cuyas láminas de «foreset» indican procedencia del E. La acción del reflujo queda marcada por láminas menos desarrolladas, en sentido contrario.

Durante la deposición de los tramos 13 y 14, se desarrollan megaripples que migran en dirección N y presentan en las crestas pequeños «ripples» que indican retoques, probablemente producidos por el viento. En conjunto tienen características de depósitos de cresta de playa o isla barrera.

El tramo siguiente (15) no presenta buena exposi-

ción, pero las características observadas en el sondeo AD-2, permiten suponer la reactivación de canales tidales que paulatinamente se van rellenando.

Se inicia una ligera profundización del medio, formándose barras submareales con fauna marina abundante, niveles de conchas y algunos cantos, en los surcos de las barras.

La existencia de «ripples» con orientación casi paralela a la costa (N-S), señalan interferencias de la corriente con un flujo transversal al del oleaje.

Estos depósitos se localizan en un subambiente que puede oscilar desde la zona de «backshore» hasta «shoreface» distal (tramos 16 y 17). El tramo 18, marca una cierta somerización del medio, que se inicia con depósitos interpretados como de la zona de rotura de olas, donde se produce acumulación de conchas, sobre los que se sitúan arenas litorales con abundantes burrows, que caracterizan depósitos de zonas próximas a la playa.

Al final de la U.I.N. se reconocen niveles de conglomerados y arenas con cantos, que indican un mayor nivel energético y aunque no ha sido posible observar estructuras y secuencias típicas, es lógico suponer que se trate de zonas ligeramente canalizadas.

El C.C.S. (tramos 19-24) se inicia en un subambiente de llanura mareal, en el que se desarrollan zonas con vegetación abundante que dan lugar a marismas. Posteriormente y tras una breve invasión marina a través de canales tidales, se desarrolla una amplia zona pantanosa donde se forman las capas A y Dorotea, entre las que se registran facies de canales tidales, que erosionan en parte los depósitos preexistentes.

La unidad superior se inicia con una etapa transgresiva (tramos 25 y 26), en la que es frecuente la presencia de niveles lumaquéllicos, interpretados como depósitos de backshore producidos en la zona de «surf» y que reflejan pequeñas oscilaciones de la línea de costa.

Encima (tramo 27) se instala un conjunto de canales tidales que cada vez adquiere mayor desarrollo, destruyendo las zonas de barrera.

Los siguientes depósitos (tramos 28 y 29) tienen características de «foreshore» con barras submareales, siendo frecuentes las superficies erosivas que indican la destrucción y aplanamiento del «foreshore».

Megaciclo III

El tercer megaciclo está formado por los depósitos de la Formación Río Guillermo y los Conglomerados del Cerro Mirador (fig. 6) que representan un brusco cambio en la sedimentación de la cuenca. Se inicia con un conjunto de canales sobre una amplia llanura, en la que cambian con frecuencia su curso según las diferentes crecidas, para gradualmente al decrecer la

energía del medio, depositar materiales más finos, que serán parcialmente erosionados en otra etapa posterior de mayor energía.

Se han identificado niveles que corresponden a pequeñas barras y «point-bar» de escaso desarrollo, que están cubiertos por depósitos típicos de llanura de inundación, con algunos «crevasses» y pequeñas zonas restringidas de tipo pantanoso.

El tramo 4 representa un área canalizada similar a la infrayacente, aunque de menor energía y llanura de inundación más desarrollada. Esta secuencia se repite varias veces, más hacia arriba, aunque con variación en el espesor de las diferentes facies.

Los Conglomerados del Cerro Mirador están formados por depósitos de grano grueso, originados por corrientes tractivas en condiciones de régimen de flujo elevado.

Destaca la escasez de sedimentos finos representando la sedimentación en condiciones de baja energía, que en un medio de estas características coincide con el abandono de los canales por acreción vertical, aunque son rápidamente erosionados, por lo que su potencial de conservación es muy reducido.

La existencia de barras da al conjunto una estructura con predominio de cuerpos lenticulares y origina secuencias con rápida variación lateral.

El tercer megaciclo representa un medio donde los cambios laterales y las secuencias observadas permiten atribuirlo a un medio fluvial de sinuosidad variable, mayor según ascendemos en la serie y que cambia bruscamente con los Conglomerados del Cerro Mirador, característicos de una red de baja sinuosidad, probablemente de tipo braided.

Consideraciones finales

Por el momento no es posible realizar una paleogeografía detallada del área de Río Turbio, pero consideramos de interés, señalar algunos extremos puestos de manifiesto con este estudio.

Vamos a referirnos exclusivamente a la Formación Río Turbio, ya que es la que presenta mayor número de datos y en consecuencia sobre la que disponemos de más control.

Destaca el brusco salto entre la Formación Río Turbio y la Formación Cerro Dorotea, que debe corresponder a una laguna estratigráfica, como señalaron Romero y Zamalao (1985), que abarcaría desde el Paleoceno hasta la parte alta del Eoceno inferior.

El inicio del depósito de la Formación Río Turbio se realiza en un ambiente litoral, con la línea de costa orientada NNO-SSE y la tierra emergida hacia el OSO, registrándose dos intrusiones marinas antes de la deposición del C.C.I., caracterizado por depósitos propios de una llanura mareal en la que se desarrollan zonas de marismas. La U.I.N. representa un primer

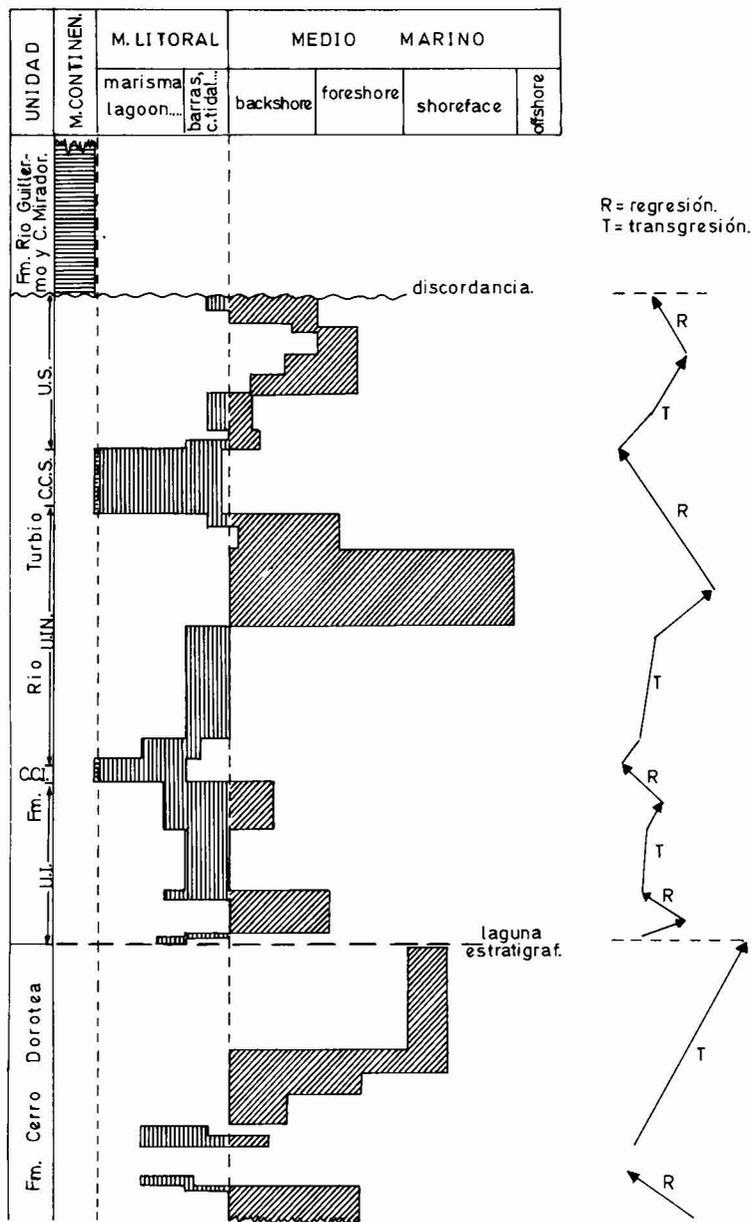


Fig. 7.—Distribución de los principales ambientes de deposición y cambios de nivel del mar.

momento transgresivo que llega a cubrir todo el área por el mar, en ambientes cada vez más profundos, para invertirse el proceso hacia la mitad superior pasando a un contexto regresivo que culminará con el C.C.S.

La deposición del C.C.S. corresponde a una amplia llanura mareal con línea de costa bastante irregular interrumpida por canales y en la que se caracterizan

áreas de marismas en las que se desarrollan las capas de carbón.

La U.S. representa una nueva etapa transgresiva que se invierte al final, quedando recubierta por los depósitos fluviales de la Formación Río Guillermo.

En la figura 7 se representan de forma esquemática las principales etapas transgresivas y regresivas en la Formación Río Turbio y Cerro Dorotea.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a Yacimientos Carboníferos Fiscales, en las personas de los doctores Xicoy y Cayo por la autorización dada para la publicación de este trabajo, así como a B. Rojas (ENADIMSA) que nos facilitó y alentó en las campañas de campo.

Referencias

- Archangelski, S. (1969): Estudio del paleomicroplancton de la Formación Río Turbio (Eoceno). Provincia de Santa Cruz. *AMEGHINIANA. Rev. Asoc. Pal. Arg.*, tomo 4, 181-218.
- Borrello, A. V. (1956): Recursos minerales de la República Argentina III. Combustibles sólidos minerales. *Rev. Mus. Arg. Cien. Nat. B. Rivadavia*, Cs. Geol. 5, 1-542.
- Cuerda, A. (1950): Descripción de perfiles de la zona del yacimiento de Río Turbio (Territorio de Santa Cruz). *Informe n° 669 de Yac. Carbón Fiscales* (inédito).
- Dabrio, C. J. (1982 a): Sedimentary structures generated on the foreshore by migrating ridge and runnel system on microtidal and mesotidal coasts of S. Spain. *Sediment. Geol.*, 32, 141-151.
- Dabrio, C. J. (1982 b): The internal structure of ridges, runnels and berms a result of the interaction of waves and tides on the foreshore. *I. A. S. 3rd. Europ. Meeting., Copenhagen Abstracts*, 8-9.
- Hoffstetter, r.; Fuenzalioa, H. y Ceccioni, G. (1957): Lexique Stratigraphique International. V. Amerique Latine. Fase 7, Chile. *Public. C.N.R.S.*, París, 1-444.
- Hunicken, M. (1955): Depósitos Neocretácicos y Terciarios del extremo SSW de Santa Cruz (Cuenca Carbonífera de Río Turbio). *Rev. Mus. Arg. Cien. Nat. B. Rivadavia Bs. As.*, 4-161 págs.
- Kumar, N. y Sanders, J. E. (1974): Inlet sequence: a vertical succession of sedimentary structures and textures created by the lateral migration of tidal inlets. *Sedimentology*, 21, 491-532.
- Ricardi, A. C. y Rolleri, E. O. (1980): Cordillera Patagónica Austral. In *II Simp. Geol. Rep. Arg. Córdoba* (1976), 1, 1173-1306.
- Romero, E. J. y Zamalao, M. C. (1985): Polen de Angiospermas de la Formación Río Turbio (Eoceno). Provincia de Santa Cruz, República Argentina. *AMEGHINIANA. Rev. Asoc. Pal. Arg.*, Tomo 22 (1-2), 43-51.

Recibido el 10 de febrero de 1988
Aceptado el 19 de julio de 1988