

# TURBIDITAS EN SEDIMENTOS PROFUNDOS DE LA CUENCA OCEANICA DE COLOMBIA E INFLUENCIA DEL RIO MAGDALENA\*

NICOLAS GERARDO MUÑOZ J.

**INDICE:** RESUMEN. I. INTRODUCCION. Generalidades. Agradecimientos. II. METODOS DE ESTUDIO Y ANALISIS. Recolección de núcleos. Muestreo. Método de análisis. Fuentes de error. Preparación y análisis de la muestra. III. FISIOGRAFIA DEL MAR CARIBE OCCIDENTAL. IV. AMBIENTES SEDIMENTARIOS DEL CARIBE OCCIDENTAL. Sedimentos eupelágicos. Sedimentos terrígenos. Sedimentos hemipelágicos. Turbiditas. Cañón submarino del Cono del Magdalena. Turbiditas del Plano Abisal de Colombia. Plano Abisal de Venezuela. Discusión sobre las turbiditas: Espesor; Número de turbiditas; Tamaño de granos. Distribución granulométrica. Gradación de las turbiditas. Escogimiento. ESTRUCTURAS PRIMARIAS. Estratificación. Laminación. Laminación cruzada. Derrumbes. Moteado. DEFORMACIONES INHERENTES AL PROCESO DE SACAR NUCLEOS. Corrientes de fondo oceánico. Tasa probable de sedimentación de las turbiditas del Plano Abisal. V. SUMARIO. BIBLIOGRAFIA. APENDICE I: Lista de núcleos. APENDICE II: Gráficos de núcleos. APENDICE III: Tablas granulométricas. APENDICE IV: Fotografías.

## RESUMEN

El delta del río Magdalena, de Colombia, es uno de los pocos que, en el mundo, cae directamente sobre el talud continental. Extensas investigaciones en la desembocadura del río han revelado la existencia frecuente de derrumbes los cuales han originado probablemente corrientes de turbidez. Sin excepción, cada núcleo obtenido del Plano Abisal de la cuenca oceánica de Colombia y Venezuela contiene "turbiditas". Estos sedimentos clásticos contrastan marcadamente con los lodos de foraminíferos pelágicos con los que se hallan intercalados. En cambio, las turbiditas están completamente ausentes en las partes centrales del Mar Caribe que están situadas por encima del plano abisal, como las lomas oceánicas de Jamaica y Aves. Las turbiditas se pueden distinguir fácilmente. Están caracterizadas por capas arenosas o limosas, gradadas o no, de colores grisáceos, presencia común de materia orgánica, contactos inferiores muy

\* Este trabajo es básicamente una traducción de la tesis, ampliada con ilustraciones, que el autor presentó ante la Universidad de Columbia, Nueva York, para optar al grado de Master of Arts en Geología, 1964.

marcados, escogimiento granulométrico relativamente bueno, curvas de distribución granulométrica con asimetría (**skewness**) positiva y muy puntiagudas (**leptokurtic**). Laminación fina y laminación cruzada son muy comunes. El carácter granulométrico de las turbiditas es muy similar al de los sedimentos de la desembocadura del río Magdalena, tanto los del cauce como los que se hallan en suspensión.

El escogimiento granulométrico de las turbiditas, menor que el de las arenas del cauce del río, se diferencia claramente del de los sedimentos hemipelágicos, terrígenos y eupelágicos del área.

Corrientes de turbidez en número apreciable, no han alcanzado la parte norte del Plano Abisal de Colombia desde comienzos del Wisconsin. Aproximadamente un metro de material pelágico se encuentra sobre la turbidita más reciente. La intensidad de sedimentación de turbiditas en el Plano Abisal de Colombia parece ser aproximadamente de unos 25 metros por millón de años. Lo que equivaldría en el área a 100 kilómetros cúbicos por cada 100.000 años. Esta cifra es comparable con la descarga (gasto) actual del río Magdalena de alrededor de  $426,6 \text{ km}^3/100.000$  años.

## I. INTRODUCCION

### GENERALIDADES

El delta del río Magdalena, en Colombia, es uno de los pocos que, en el mundo, cae directamente sobre el talud continental. Periódicamente, es-

te delta da origen a corrientes de turbidez que socavan y **forman cañones submarinos**. Se sabe que la periodicidad de los derrumbes o deslizamientos, en la boca del río, está relacionada con los meses de reciente. Corrientes de turbidez han ocurrido aproximadamente a un promedio de cincuenta en cien años (Heezen, 1959).

Este informe contiene los resultados del estudio de los sedimentos clásticos y pelágicos del talud continental y del Plano Abisal de Colombia desde la desembocadura del río Magdalena. Se presenta el estudio granulométrico completo de 195 muestras de sedimentos profundos, clásticos y pelágicos. También se presentan algunos análisis de las fracciones limosa y arenosa de sedimentos del cauce del río Magdalena y de material en suspensión muestreado en la desembocadura.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado bajo la supervisión y estímulo del doctor Bruce C. Heezen, de la Universidad de Columbia, Nueva York, por lo que le estoy profundamente agradecido. Asimismo, reconozco la valiosa ayuda de todos aquellos compañeros en el Observatorio Geológico de Lamont, quienes contribuyeron, de un modo u otro, durante mi permanencia en Nueva York como becario del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela.

Agradezco también a la señora Berna de Suárez y a la señorita Maritza Pulido, quienes copiaron a máquina este informe, y al señor Víctor José López por su valiosa ayuda referente al material fotográfico.

Ayuda económica se recibió de la Universidad Central de Venezuela en forma de beca de postgrado, del Observatorio Geológico de Lamont (Nueva York) y recientemente de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la U. C. V.

## II. METODOS DE ESTUDIO Y ANALISIS

### RECOLECCION DE NUCLEOS

Los núcleos fueron obtenidos con el pistón-sacanúcleos de 1.500 libras usado por el Observatorio Geológico de Lamont, durante una investigación de la cuenca oceánica de Colombia desde la desembocadura del río Magdalena, realizada por B. C. Heezen y J. L. Worzel en los cruceros 12, 8 y 15 del yate oceanográfico **Vema** y por Manik Talwani en el crucero 7 del yate **R. D. Conrad**.

Los núcleos son descritos de un modo preliminar sobre el mismo yate y envueltos herméticamente en un papel especial para evitar su contacto con el aire. Una vez en los laboratorios del Observatorio Geológico de Lamont, los núcleos son cortados en dos mitades, una de las cuales constituye el material para los diversos estudios y la otra queda guardada como testigo.

### MUESTREO

Luego de un examen preliminar de los núcleos, las muestras fueron tomadas a intervalos fijos de 50 cm cuando el núcleo aparecía homogéneo. De lo contrario, las muestras se tomaron según los cambios de litología.

Se tomaron muestras de la base y el tope de depósitos gradados ("turbiditas") y también a niveles intermedios, cuando existía una secuencia gradada clara y gruesa.

### METODO DE ANALISIS

Las muestras fueron analizadas por el método de pipeta y por tamizado seco con tamices de los fabricados por la compañía Tyler.

### FUENTES DE ERROR

La precisión de los estudios granulométricos puede haber sido afectada por las siguientes fuentes de error:

1. Una posible colección, durante el muestreo, de material de las capas más externas del núcleo, comúnmente afectadas por flujo bajo la acción de entrada y salida del pistón saca-núcleo.
2. Debido a la pérdida de material durante el tamizado.
3. Una variación significativa en el grado de defloculación de las muestras durante el análisis con pipeta.
4. Otros errores inherentes al análisis con pipeta citados por Revelle (1944).

### PREPARACION Y ANALISIS DE LA MUESTRA

Inicialmente se tomaron 15 gramos de la muestra, aproximadamente. A este material se liberó de su contenido de sal, se le sometió a dispersión, se le hizo el tamizado húmedo y/o tamizado seco y se analizó con pipeta.

Se sabe que cantidades apreciables de sales, como el NaCl, favorecen la

agregación de partículas de arcilla en terrones dando una errónea estimación del tamaño de las partículas. Para eliminar estas sales, el material fue completamente lavado por decantación. Al añadirse unas gotas de sal de nitrato de plata, la formación de un precipitado blanco de AgCl indicaba la presencia de cloro. En esos casos en que la decantación no fue suficiente para remover las sales solubles en agua, éstas fueron removidas por el método de filtración y succión descrito por Krumbein y Pettijohn (1938).

La dispersión del sedimento, luego de haberse removido las sales, fue realizada satisfactoriamente mediante una solución de hexametáfosfato de sodio.

Ejecutada la dispersión, la solución con el sedimento fue pasada por el tamiz 200 de 74 micras de abertura. El material menor de 74 micras se vertió en un cilindro de 1.000 ml, para ser analizado con pipeta. La parte que no pasó el tamiz 200 fue secada y pesada, y cuando esa cantidad era apreciable, fue entonces analizada mediante el tamizado seco. Se utilizó un conjunto de tamices con aberturas desde  $-2 \phi$  hasta  $4 \phi$ . Las partículas cuyo tamaño era menor de  $4 \phi$  fueron colocadas en el cilindro junto con el material menor de 74 micras proveniente del tamizado húmedo.

El análisis con pipeta se llevó a cabo de acuerdo con la técnica descrita por Folk (1961) desde  $4 \phi$  hasta  $9 \phi$ , con intervalos de clase unitarios. La temperatura se mantuvo a  $20^\circ \text{C}$  con la ayuda de un baño de temperatura constante. Los valores de las velocidades de sedimentación, basados en la "Ley de Stokes", para partículas de un promedio de 2.65 de

peso específico y para temperatura de  $20^\circ \text{C}$  fueron tomados de Krumbein y Pettijohn (1938).

Los peso-porcentajes obtenidos tanto del análisis con pipeta como del tamizado seco fueron combinados, se llevaron a un gráfico y se construyó la curva acumulativa (con ordenada aritmética), de la cual se obtuvieron los datos para calcular los parámetros granulométricos.

El grado de dispersión y las velocidades de sedimentación después del retiro de sedimento a las 8 horas y 10 minutos, correspondiente a partículas de  $9 \phi$ , no fue considerado digno de confianza. Pero como los sedimentos contenían gran cantidad de material más fino que  $9 \phi$ , la curva acumulativa tuvo que construirse, extrapolando hasta el diámetro  $14\phi$  en 100%, y de ese modo poder obtener todos los valores necesarios para el cálculo de los parámetros granulométricos.

En el presente estudio del tamaño de los granos fueron seleccionados los siguientes parámetros estadísticos propuestos por Folk y Ward (1957):

Media Gráfica (**Graphic Mean**).

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

Desviación Típica Gráfica Incluyente (**Inclusive Graphic Standard Deviation**).

(Medida de Escogimiento - **Sorting**):

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

Simetría Gráfica Incluyente (**Inclusive Graphic Skewness**):

$$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} +$$

$$+ \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Agudeza Gráfica (**Graphic Kurtosis**):

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Las "escalas comparativas" correspondientes, son:

Para Escogimiento (**Sorting**) =  $\sigma_I$   
 $\sigma_I < 0.35 \phi$  Muy bien escogida.

0.35 — 0.50  $\phi$  Bien escogida.

0.50 — 0.71  $\phi$  Moderadamente bien escogida.

0.71 — 1.00  $\phi$  Moderadamente escogida.

1.00 — 2.00  $\phi$  Mal escogida.

2.00 — 4.00  $\phi$  Muy mal escogida.

$\sigma_I > 4.00 \phi$  Extremadamente mal escogida.

Para Asimetría (**Skewness**) =  $Sk_I$

de + 1.00 a + 0.30 Pronunciada asimetría hacia lo fino.

+ 0.30 a + 0.10 Asimetría hacia lo fino.

+ 0.10 a — 0.10 Casi simétrica.

— 0.10 a — 0.30 Asimetría hacia lo grueso.

— 0.30 a — 1.00 Pronunciada simetría hacia lo grueso.

Para Agudeza (**Kurtosis**) —  $K_G$   
 $< 0.67$  Muy ancha.

0.67 — 0.90 Ancha.

0.90 — 1.11 Medianamente ancha.

1.11 — 1.50 Puntiaguda.

1.50 — 3.00 Muy puntiaguda.

$> 3.00$  Extremadamente puntiaguda.

El cómputo de los datos fue efectuado con la ayuda del computador IBM 1.620 del Observatorio Geológico de Lamont.

Un nuevo coeficiente de escogimiento propuesto recientemente por Sharp y Fan (1963) se obtuvo para 32 muestras de turbiditas mediante la ayuda de las tablas confeccionadas por los citados autores.

Las descripciones aquí usadas, del escogimiento granulométrico difieren de aquellas obtenidas empleando la fórmula más convencional de Trask

(1932) —  $So = \sqrt{\frac{Q1}{Q3}}$ . Pero estos

valores pueden ser comparados con los términos descriptivos de Trask ampliamente usados, mediante una tabla empírica de conversión formulada por Friedman (1962) quien hizo comparaciones de un gran número de medidas de escogimiento propuestas recientemente.

Coeficiente de Escogimiento	CUADRO DE CONVERSION. - Medida de Escogimiento		
	Folk y Ward (1956)	Trask (1932)	Friedman '62
> 0,35	Muy bien escogido	Bien escogido	Muy bien escogido
0,35	Bien escogido		Bien escogido
0,50	Moderadamente bien escogido		Moderadamente bien escogido
0,71	Moderadamente escogido		Moder, escogido
1,00	Mal escogido	Normal escogimiento	Mal escogido
1,75			M. mal escogido
2,00			Ex:remadamente mal escogido
4,00	Muy mal escogido	Mal escogido	Ex:remadamente mal escogido
< 4,00	Extremadamente { Mal escogido		

Los análisis de sedimentos tanto del cauce del río Magdalena como los muestrados en suspensión en la desembocadura del río han sido efectuados mediante tamizado seco en las oficinas del administrador de las obras de Bocas de Ceniza, del Departamento de Obras Públicas de Colombia.

#### SOBRE LOS PERCENTILES USADOS

Los percentiles 84,95 hasta el 75 —requeridos para aplicar las fórmulas de Folk y Ward (1957)—, muchas veces necesitan ser extrapolados, y en estos casos este método de percentiles no ofrece mucha ventaja sobre otros.

#### OTROS ANALISIS

La fracción mayor de 74 micras de los depósitos pelágicos fue analizada por el método usado en el Observatorio Geológico de Lamont (Ericson *et al.*, 1961). Se pesa el núcleo seco, se analiza por tamizado-húmedo y la fracción retenida en el tamiz

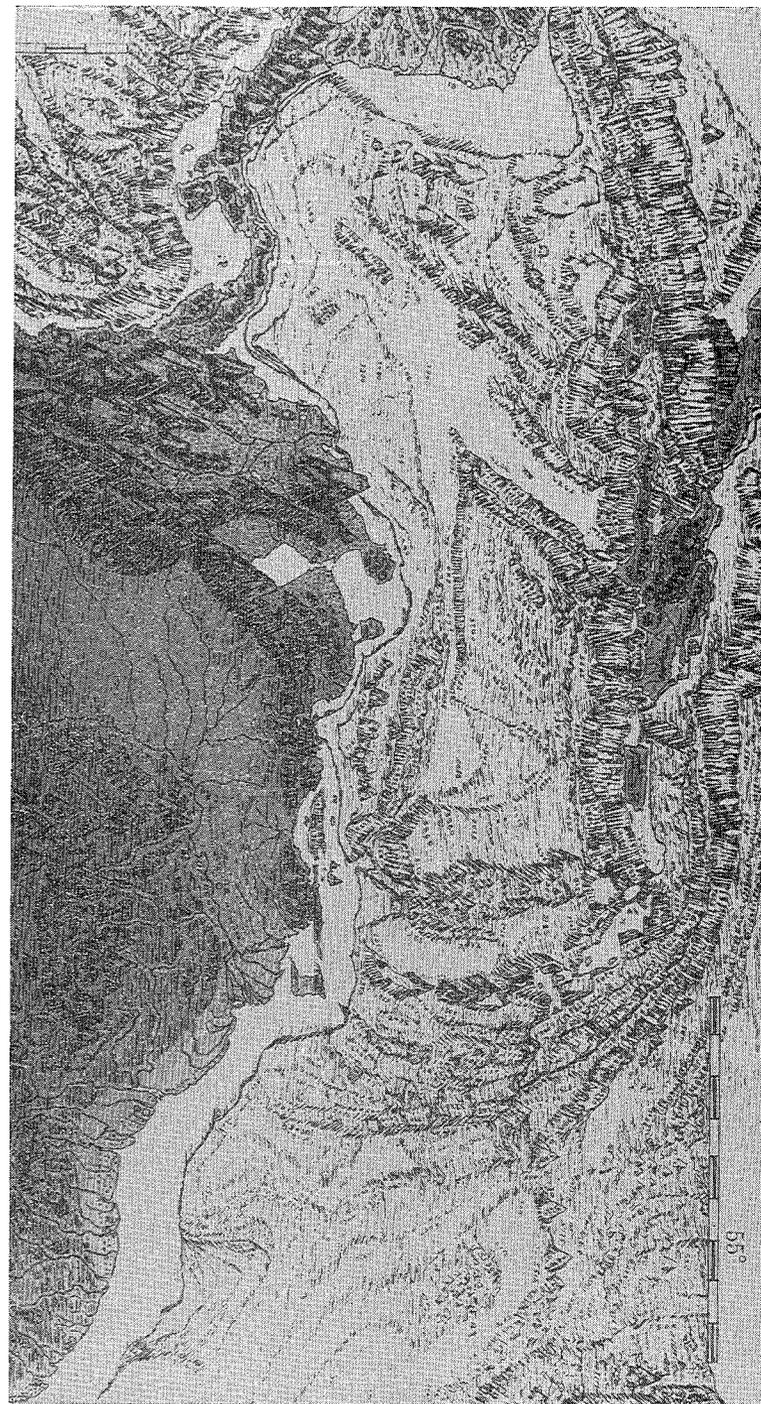
Nº 200 ( $> 74 \mu$ ) es secada y pesada para obtener los porcentajes.

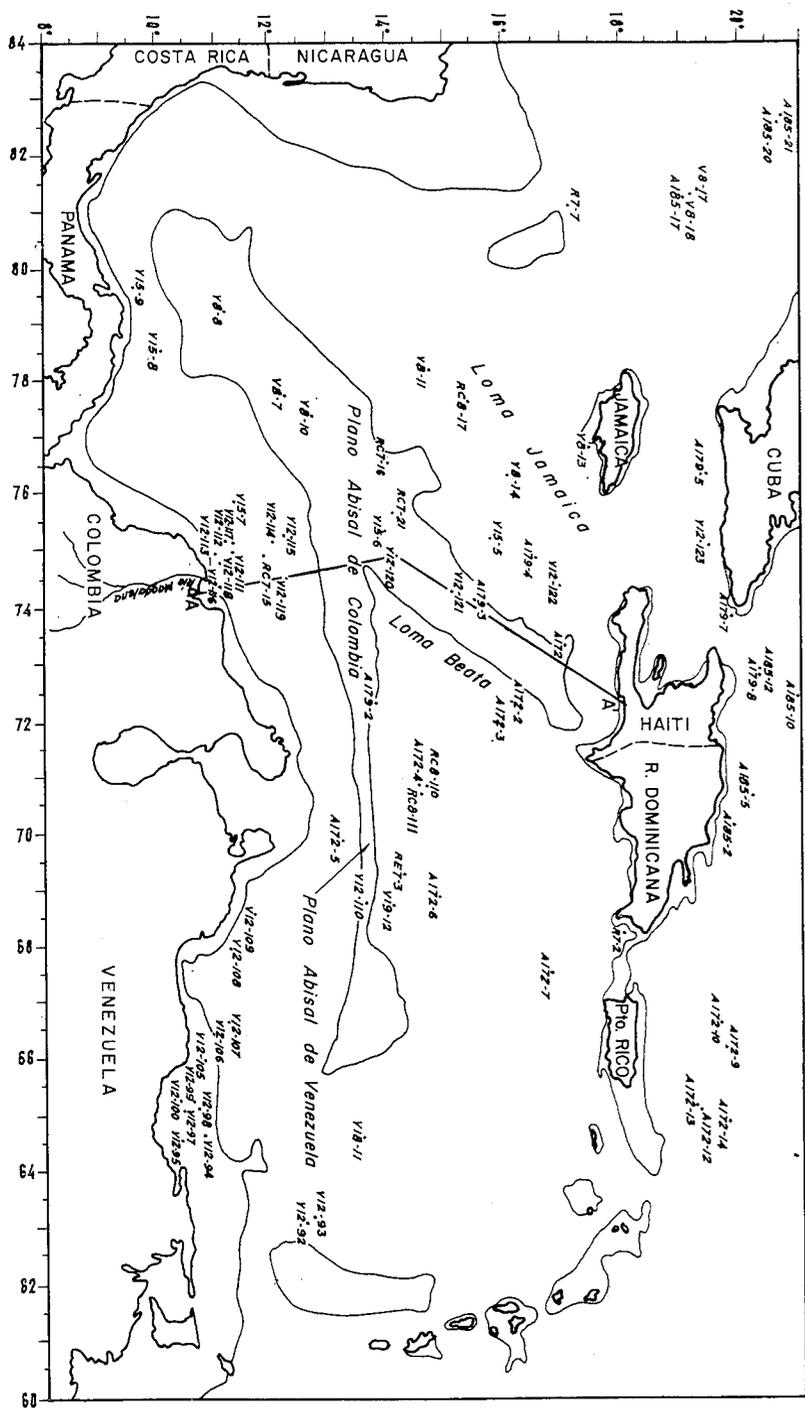
Se utilizó el método descrito por Turekian (1956) en los análisis de carbonatos. Algunos de ellos (los que se indican entre paréntesis en los gráficos) se estimaron mediante el proceso sencillo de pesar el residuo luego de disolución con HCl.

### III. FIOGRAFIA DEL MAR CARIBE OCCIDENTAL

En el fondo del Caribe occidental predomina el extenso Plano Abisal de Colombia (Figs. 1, 2 y 2a.). Este plano abisal está delimitado por las Lomas Jamaica, al oeste, y Beata, al este. Las pendientes oscilan de 1: 10.000 al sur del plano a 1: 5.000 en las cercanías de su terminación norte al sur de Haití. El Plano Abisal de Colombia se comunica, por medio de una especie de cañón o valle angosto, con el Plano Abisal de Venezuela. Toda el área está caracterizada por un relieve relativamente suave que es cortado abruptamente

Figura 1. Mapa fisiográfico del Mar Caribe. Fotografía de parte del mapa fisiográfico del Atlántico Norte y Sur, elaborado por Bruce C. Heezen y Marie Tharp (1961), del Observatorio Geológico de Lamont.





PLANO DE LOCALIZACION DE NUCLEOS  
 CUENCAS DE COLOMBIA Y VENEZUELA

por escarpas mayores, como la que delimita la Loma Beata por el oeste, y una serie de escarpados menores mirando al este, que se encuentran en la parte occidental del límite oeste del Plano Abisal de Colombia. Un cono abisal grande se halla localizado desde la desembocadura del río Magdalena. Al este de Santa Marta.

Colombia, la plataforma continental está bordeada por un relieve irregular y depresiones marginales, los cuales deben servir de barreras al paso de corrientes de turbidez que se generan en el área. De los ríos que vierten sus aguas al Caribe, el Magdalena es el único de mayor caudal (Fig. 2).

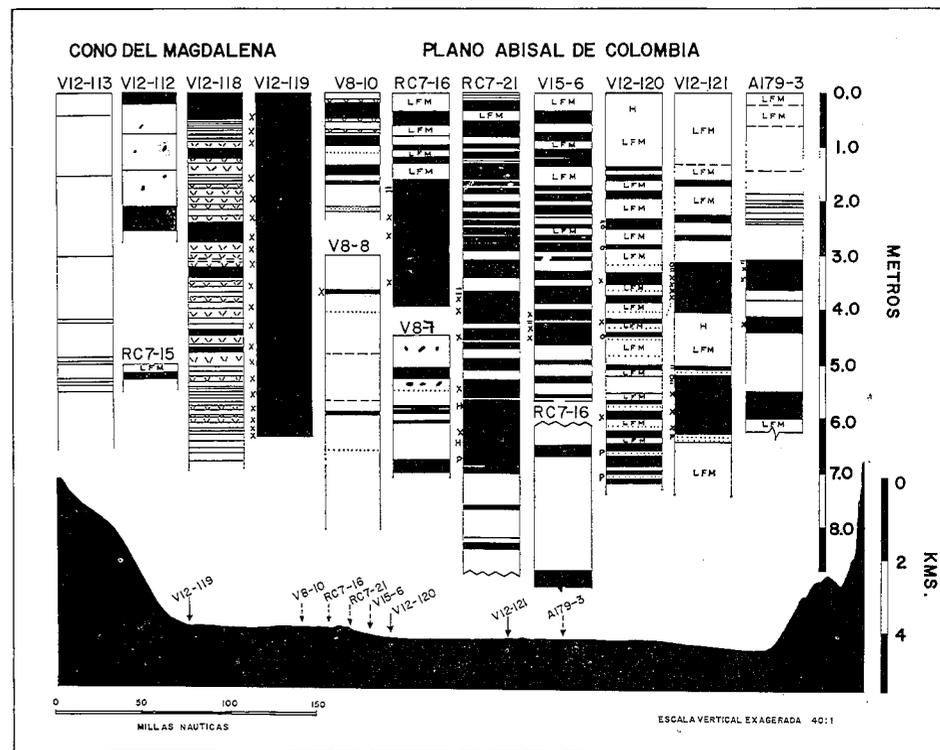


Fig. 2a. Perfil topográfico A-A' y litología gráfica de los núcleos

- Leyenda:
- H Homogéneo (litología).
  - O Moteado de madrigueras de organismos.
  - ≡ Laminación fina y/o cruzada.
  - X Restos de plantas.
  - p Pterópodos.
  - LFM Lodo de foraminíferos de color marrón.
- ↓ Localización aproximada (proyectada) del núcleo.  
 ↓ Localización propia del núcleo.
- Los demás símbolos aparecen en el Apéndice II

Medidas de reflexión y refracción sísmicas han revelado un gran espesor de sedimentos debajo del Plano Abisal de Colombia. Tres kilómetros de sedimentos no-consolidados yacen por debajo del continente en las afueras de la desembocadura del río Magdalena y algo más de dos kilómetros se han encontrado debajo de la parte central del Plano Abisal de Colombia. En contraste, el espesor de sedimentos en las lomas es menor. Se puede decir, pues, que tanto la fisiografía como la estructura sedimentaria del área apuntan hacia una fuente importante de sedimentos en la desembocadura del río Magdalena, el cual ha sido de gran influencia en la sedimentación ocurrida en la parte occidental del Caribe durante la historia geológica reciente.

#### IV. AMBIENTES SEDIMENTARIOS DEL CARIBE OCCIDENTAL

##### SEDIMENTOS EUPELAGICOS

Las partes más profundas del Caribe occidental están cubiertas por lodo de globigerina. Barro o arcilla abisal no se ha encontrado ni en las mayores profundidades, debido a las aguas relativamente calientes del Caribe, las cuales nunca han bajado de 3, 2° C. Del 30 al 40 por ciento del lodo de globigerina pertenece a la fracción de tamaño mayor de 74 micras. Esta fracción (> 74  $\mu$ ) consiste casi totalmente de conchas de foraminíferos y ocasionalmente, de pterópodos. En las pendientes suaves de los promontorios oceánicos Jamaica y Beata, a profundidades menores de 4.000 metros, las concentraciones de Ca CO<sub>3</sub> varían entre 30 y cerca de 80 por ciento, presentándose el contenido de

carbonatos fundamentalmente como función de la profundidad. Los depósitos pelágicos de mayores profundidades contienen porcentajes de carbonatos tan pequeños como 8 por ciento. Toda la parte central del Caribe se halla cubierta por sedimentos eupelágicos, los cuales están caracterizados por su contenido relativamente bajo de material arcilloso abisal. En general, todos los núcleos de sedimentos eupelágicos son esencialmente homogéneos. A pesar de que se puede observar cierta estratificación en los lodos de globigerina, esta estructura aparece sumamente tenue al compararla con la laminación y estratificación destacadas en las turbiditas. La distribución granulométrica de los lodos de foraminíferos presenta las siguientes características: muy mal escogimiento, asimetría negativa (hacia los granos más gruesos) y curva de frecuencia ancha (*platykurtic*). Predominan los colores marrones y amarillentos. La mayor parte del material > 74 micras está compuesto por caparazones de foraminíferos y ocasionalmente se encuentran concentraciones de pterópodos de 1 a 3 mm de espesor.

Núcleos con sedimentos prepleistocénicos se han obtenido en otras regiones eupelágicas, debido a derrumbes y erosión. Material de este tipo no se ha encontrado en la parte occidental del Caribe (Ericson *et al.*, 1961).

Muchos de los núcleos pelágicos muestran una variación sistemática de paleotemperaturas de oxígeno isotópico; de foraminíferos de aguas frías y foraminíferos de aguas calientes; de la fracción de material > 74  $\mu$ . Estas variaciones pueden ser correlacionadas por grandes distancias. Tasas de acumulación de las partes

superiores de los núcleos han sido determinadas por el método de carbono radiactivo. Se han obtenido tasas de sedimentación relativamente uniformes para todo el Caribe mediante la correlación de las curvas climáticas y de las curvas de variación en profundidad de los porcentajes de material mayor de 74 micras. Los sedimentos eupelágicos postpleistocénicos aparecen como depositados a una tasa aproximada de 3 cm por 1.000 años.

El núcleo A172-6 ha sido una especial e interesante fuente de desacuerdo entre los estudiosos de la geología marina. Este núcleo fue primeramente descrito por Ericson (1953) como compuesto por lodo de foraminíferos, homogéneo. Lo que indica acumulación marina lenta normal. Robin y Suess (1955) y Suess (1956) publicaron determinación de edades mediante carbono radiactivo para este núcleo. Emiliani (1955) publicó un estudio de las paleotemperaturas sobre este núcleo, con muestras espaciadas 10 cm. Yalkovsky (1957) obtuvo análisis espectroquímicos de carbonatos con muestras igualmente espaciadas. Como sus observaciones no se correlacionan con las paleotemperaturas publicadas por Emiliani (1955), él (Yalkovsky, 1957), dudó entonces que "la productividad de carbonatos fuese siempre una guía para cambios de temperatura". El pensó entonces que durante todo el Pleistoceno existían condiciones de mar tropical. La gran profundidad (4.160 m) de este núcleo se debe, según Emiliani (1959), a que la baja proporción de sedimentación interglacial permitió "un contacto prolongado del sedimento con las aguas del fondo y con la consecuente disolución de una parte del carbonato".

Wiseman (1959) sugirió que el material de composición similar fue re-depositado mediante "derrumbe, deslizamiento submarino o corrientes de turbidez". La litología homogénea de este núcleo y su localización (Heezen, 1960) indican que su material no fue depositado por corrientes de turbidez.

Ericson *et al.* (1961) publicaron la correlación de paleotemperaturas de Emiliani y las curvas climáticas de Ericson para las <sup>2</sup>/<sub>3</sub> partes superiores del núcleo.

Ericson y Wollin (1956) publicaron análisis de carbonatos del núcleo A179-4. Según Emiliani (1959), en una tesis no publicada de Wangersky se encuentra una correlación directa entre porcentajes de carbonatos y paleotemperaturas.

Ericson *et al.* (1961) publicaron el estudio de los núcleos A179-3, A179-4 y A172-6, donde las curvas climáticas basadas en el número relativo de foraminíferos planctónicos de agua fría, las curvas derivadas de las variaciones de frecuencia de *Globorotalia menardii* y las curvas de edad en base al carbón radiactivo, se encuentran todas de acuerdo unas con otras. Esto indica una edad posglacial para el material que está entre el tope y 1,50 m del núcleo. Curvas climáticas para los núcleos A172-1 y A172-2 fueron también publicadas por Ericson *et al.* (1961).

Las descripciones originales de algunos núcleos sobre los que no se han encontrado publicaciones fueron tomadas del Observatorio Geológico de Lamont.

##### SEDIMENTOS TERRIGENOS

Los dos componentes mayores de los sedimentos del Caribe son pelágico y terrígeno. Las fuentes terrígeno-

nas en el Caribe occidental están restringidas a unos ríos pequeños de Costa Rica y Panamá y al gran caudal del río Magdalena. Muestras tomadas en el cauce del río Magdalena, cerca de su desembocadura, están compuestas principalmente por arena, mientras que un 60 por ciento del material que lleva el río en suspensión está formado por limo y material arcilloso. El tipo de sedimentos en suspensión varía estacionalmente. Durante las crecidas de finales de noviembre, cuando el agua del río es muy turbia (alcanzando valores hasta de 2.000 partes por millón cerca del cauce del río), más de un 50 por ciento del material en suspensión es arcilloso (en tamaño) mientras que durante niveles bajos de las aguas un porcentaje más alto del material en suspensión es arena. El gasto de agua del río varía desde cerca de 2.500m<sup>3</sup>/seg. durante febrero y marzo, hasta más de 7.500m<sup>3</sup>/seg. durante los meses de noviembre y diciembre, meses de valores máximos. El gasto del material en suspensión varía de 482 ppm a más de 1.400 ppm. Probablemente, el río vierte cada año en el mar Caribe, aproximadamente 4,26 x 10<sup>-3</sup> km<sup>3</sup> de sedimento; unos 2,13 x 10<sup>-3</sup> km<sup>3</sup> de arena y otros 2,13 x 10<sup>-3</sup> km<sup>3</sup> de limo y arcilla. Dos núcleos — V12-113 y V12-117 fueron tomados cerca de la desembocadura del río y dentro del área donde se ve mucha turbiedad en la superficie del agua. Los núcleos V12-113 y V12-117 ambos presentan una alternancia de numerosas capas de limo y arcilla (**lutite**) limosa junto con capas dispersas formadas por limo grueso y arena muy fina. El núcleo V12-113 tiene un mayor contenido arenoso y el V12-117 es más limoso. La alternancia de material

fino y grueso sugiere fluctuaciones temporales de la creciente del río, mientras que el carácter más arenoso núcleo V12-113 (cercano a la desembocadura del río) comparado con el V12-117 (más lejano) puede ser indicio de una variación lateral normal, con respecto al tamaño de los granos, desde su fuente de origen. Curvas acumulativas de distribución granulométrica del material en suspensión muestreado en la desembocadura del río y aquellas de sedimentos cercanos del talud continental son similares (Fig. 3). En cambio, los sedimentos del cauce del río son gruesos y mejor escogidos granulométricamente que cualquier material de núcleos del área cercana, con la sola excepción de las turbiditas (Fig. 3). Limo grueso y fino y arcilla son los principales componentes de los sedimentos en las proximidades de la desembocadura del río Magdalena. En otros lugares del talud continental predomina el material arcilloso-limoso. El color de los limos y arcillas de esta zona presenta tonalidades grises como N4 y 5Y 4/1 según la tabla de colores de la Sociedad Geológica de Estados Unidos (G. S. A. **Color Chart**, 1951). Colores más oscuros se deben a un alto contenido de materia orgánica. Los núcleos obtenidos a mayores distancias de la desembocadura del Magdalena contienen sedimentos más finos con excepción de las turbiditas. De modo que material limo arcilloso aparece como sedimento normal de las partes altas del talud continental, en zonas lejanas de la mayor fuente de aporte (el Magdalena). El núcleo V12-116, que fue tomado a pocos kilómetros de Bocas de Ceniza consiste totalmente de arcillas limosas (el limo es fino). La distribución granulométrica del material de este nú-

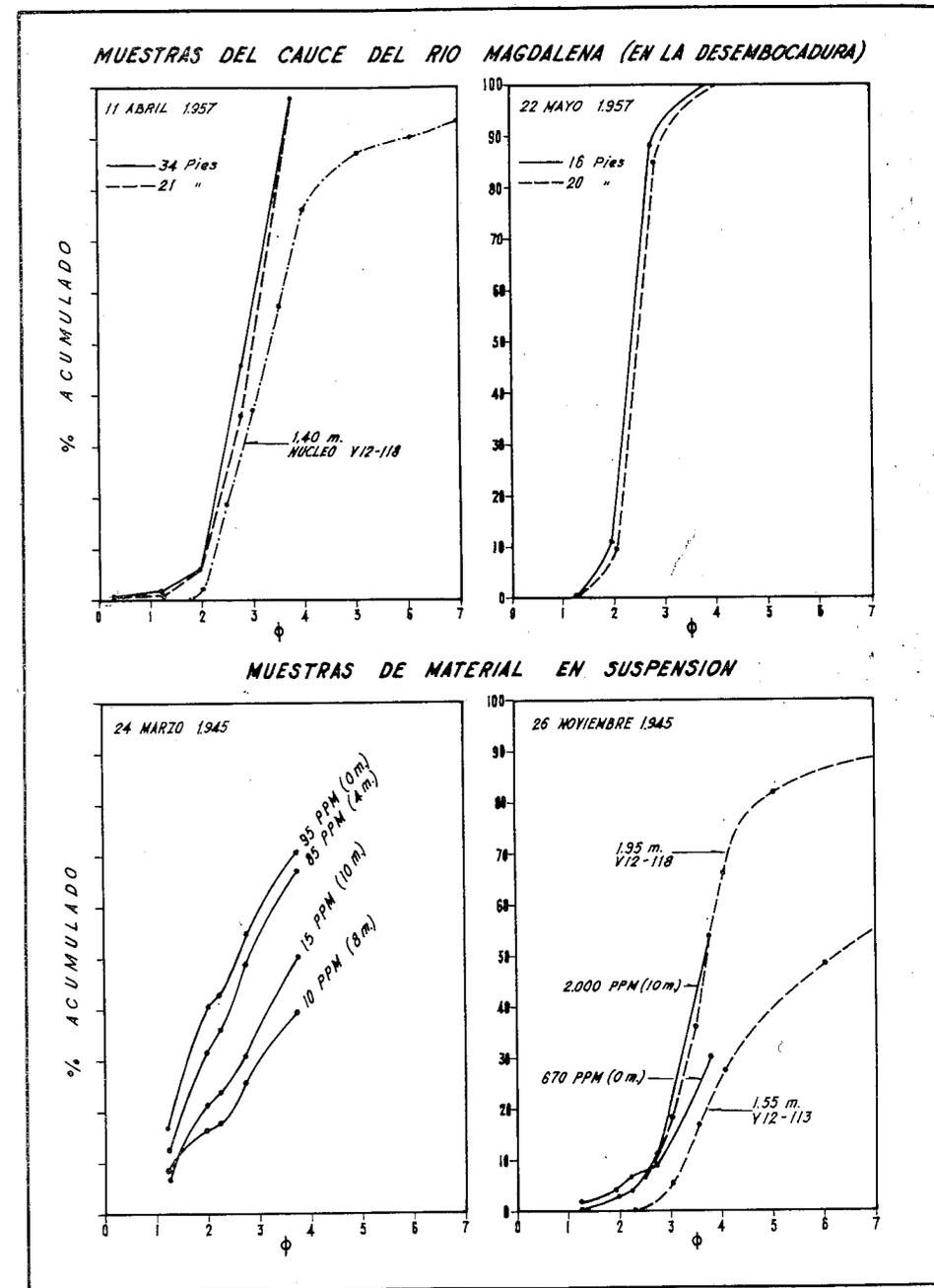


Figura 3. Curvas acumulativas de tamaño de granos de muestras estacionales de sedimentos del cauce del río y de material en suspensión comparadas con sedimentos de núcleos cercanos a la boca del río (V12-113) y del cañón submarino (V12-118)

cleo se puede comparar con las arcillas limosas encontradas en el núcleo V12-113, cercano a la boca del río Magdalena. Sin embargo, la matriz del material en el núcleo V12-116 es ligeramente más fina que cualquier sedimento del núcleo V12-113. Este núcleo V12-116 es el más lejano de los núcleos del talud continental estudiados.

#### SEDIMENTOS HEMIPELAGICOS

En partes más bajas del talud continental, el contenido de  $\text{Ca CO}_3$  y de la fracción mayor de 74 micras es más bajo que el de los sedimentos eupelágicos de la parte central del Caribe debido a dilución por sedimentos terrígenos finos. Mientras los depósitos de globigerinas pueden ser clasificados como verdaderamente pelágicos, los sedimentos de la parte inferior de las márgenes continentales los cuales son afectados de di-

versos modos por el continente adyacente, son **hemipelágicos** y se asemejan más al material pelágico que a los sedimentos terrígenos puros de la parte superior del talud continental. Sedimentos de los núcleos V12-114 y V12-115 que pertenecen a este ambiente también fueron analizados granulométricamente. Sus curvas de frecuencia muestran también el mismo carácter ancho (**platykurtic**) y el mismo mal escogimiento de los lodos pelágicos. Esencialmente, el ambiente hemipelágico está caracterizado por un contenido de  $\text{Ca CO}_3$  relativamente más bajo que el ambiente eupelágico y un contenido de material fino arcilloso mayor que éste; y porcentajes de  $\text{Ca CO}_3$  y de arena (biogénica pelágica) mayor que el ambiente terrígeno. Por otro lado, el carácter esencial de las zonas eupelágicas es un porcentaje alto de  $\text{Ca CO}_3$  y cantidades mayores de caparzones de foraminíferos, tal como lo indican los porcentajes de la fracción  $> 14 \mu$ .

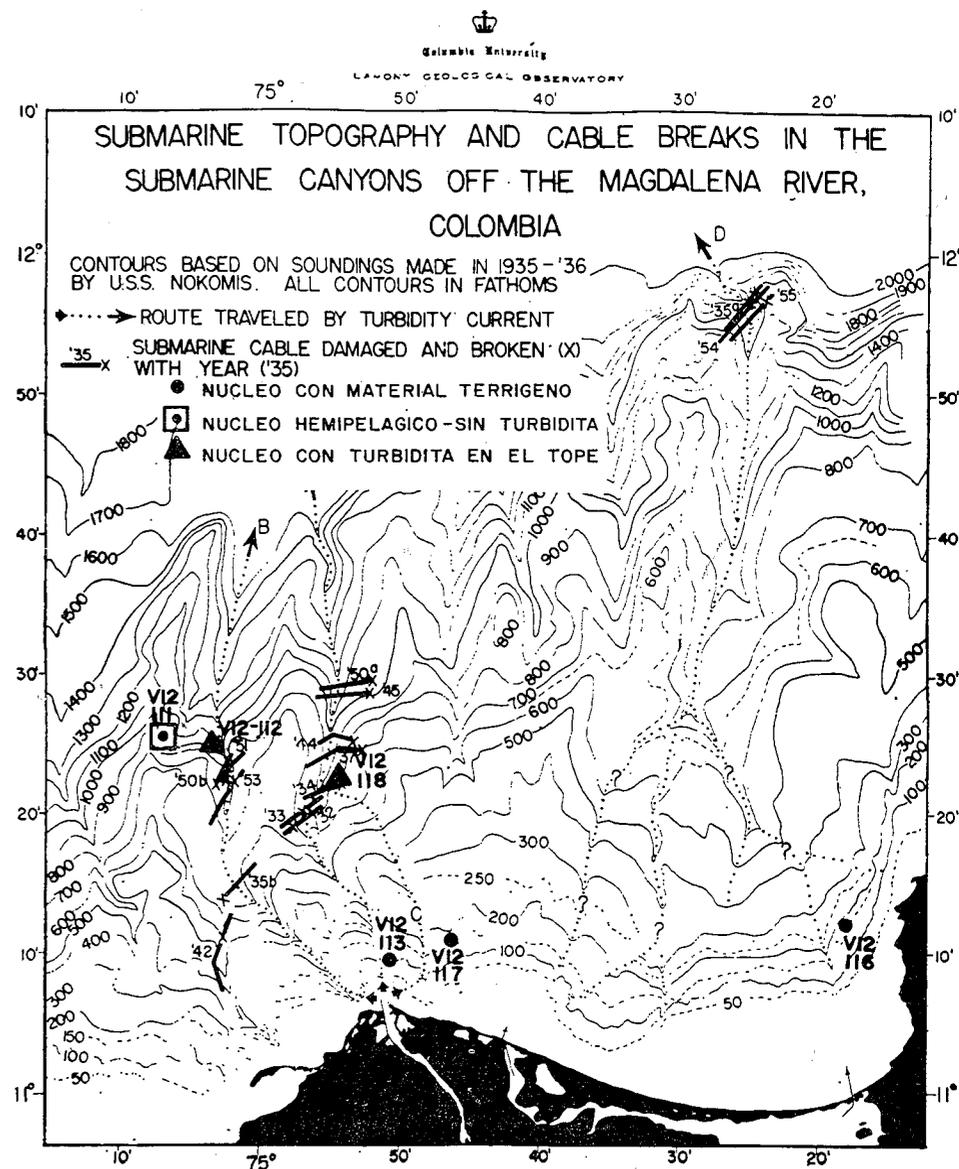
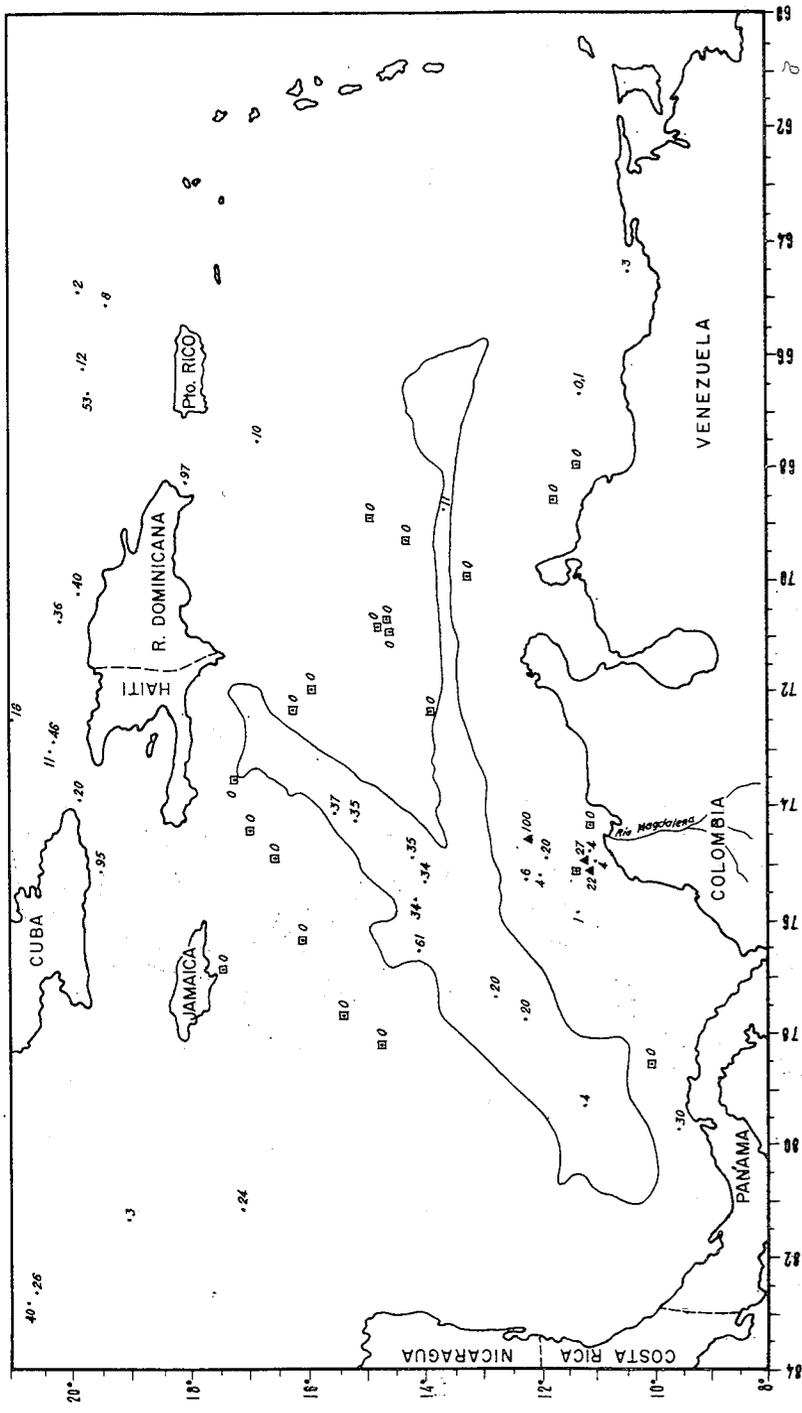


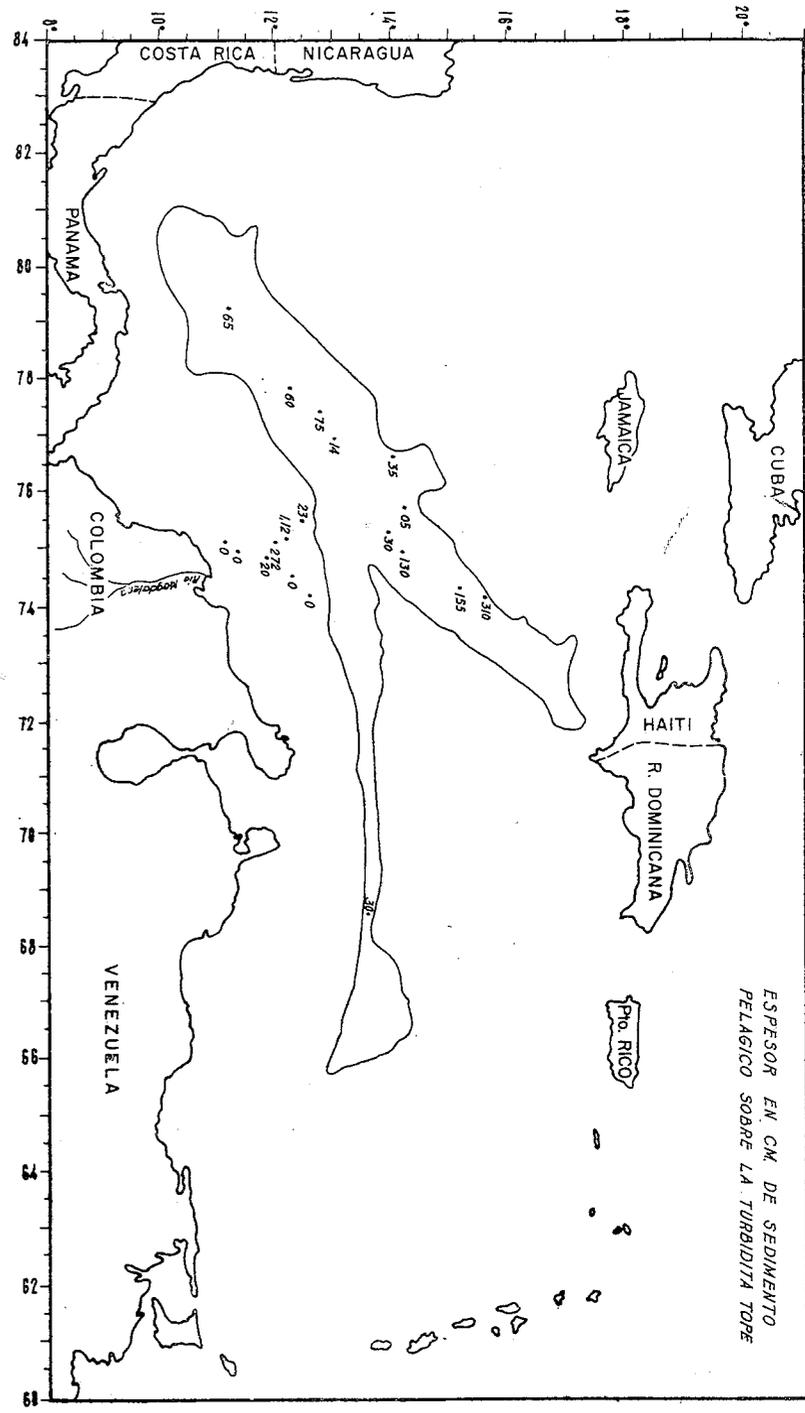
Figura 4. Contorno del fondo marino frente al delta del río Magdalena. Adaptado de Heezen (1956)

% DE TURBIDITAS EN TODO EL NUCLEO

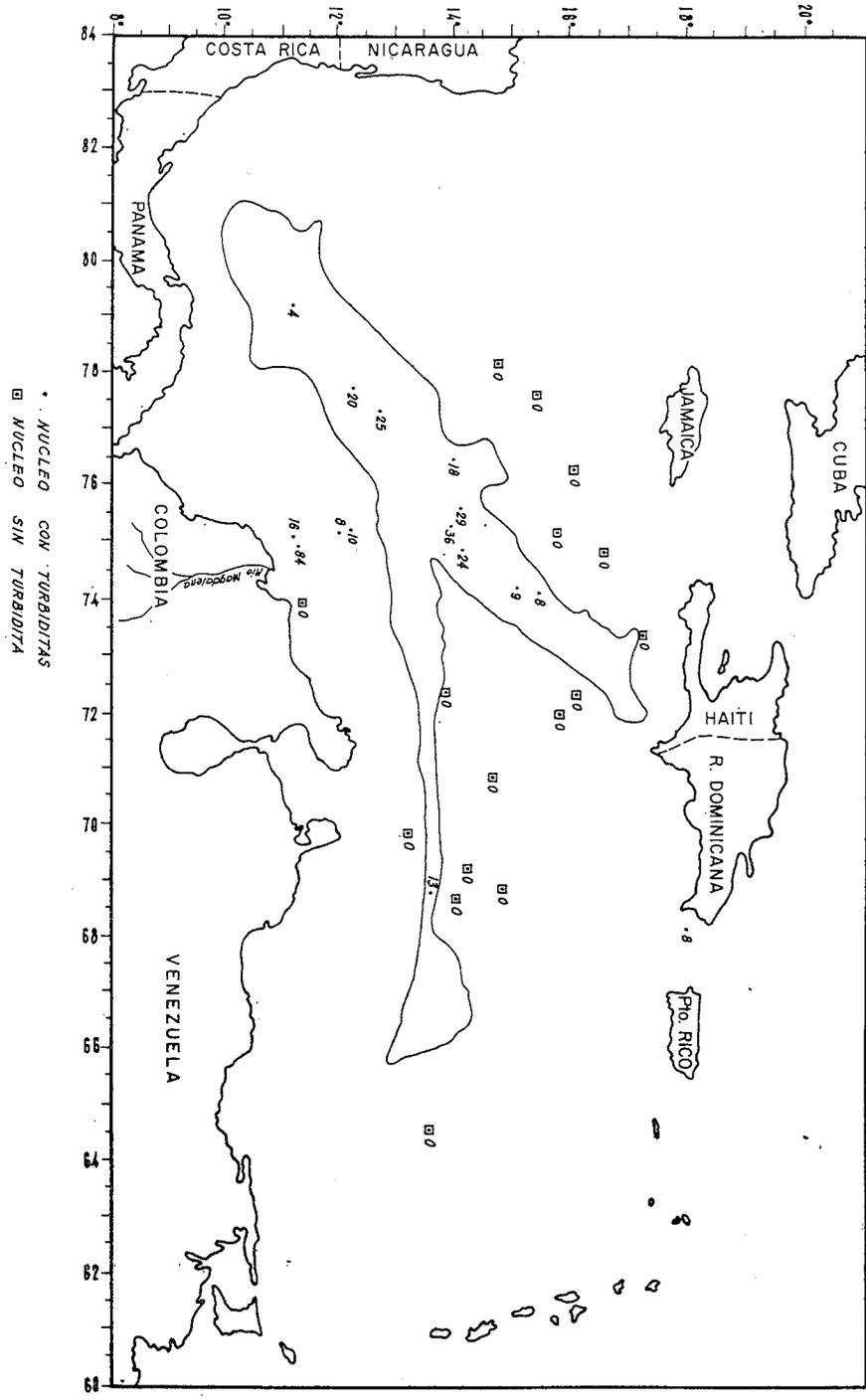


● NUCLEO CON TURBIDITAS  
 ▲ NUCLEO CON TURBIDITA EN EL TOPE  
 ◻ NUCLEO SIN TURBIDITA

TURBIDITAS RECIENTES

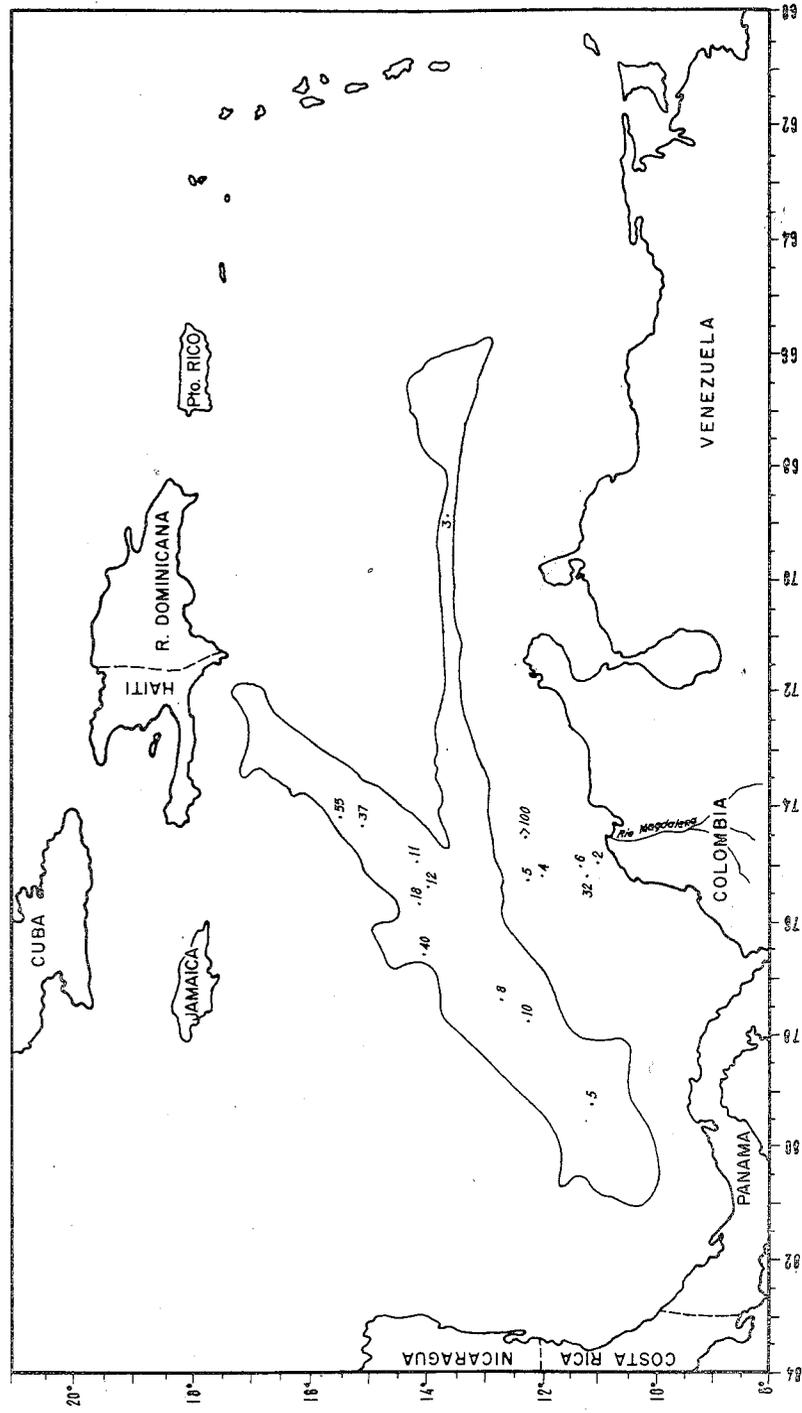


ESPESOR EN CM. DE SEDIMENTO PELAGICO SOBRE LA TURBIDITA TOPE

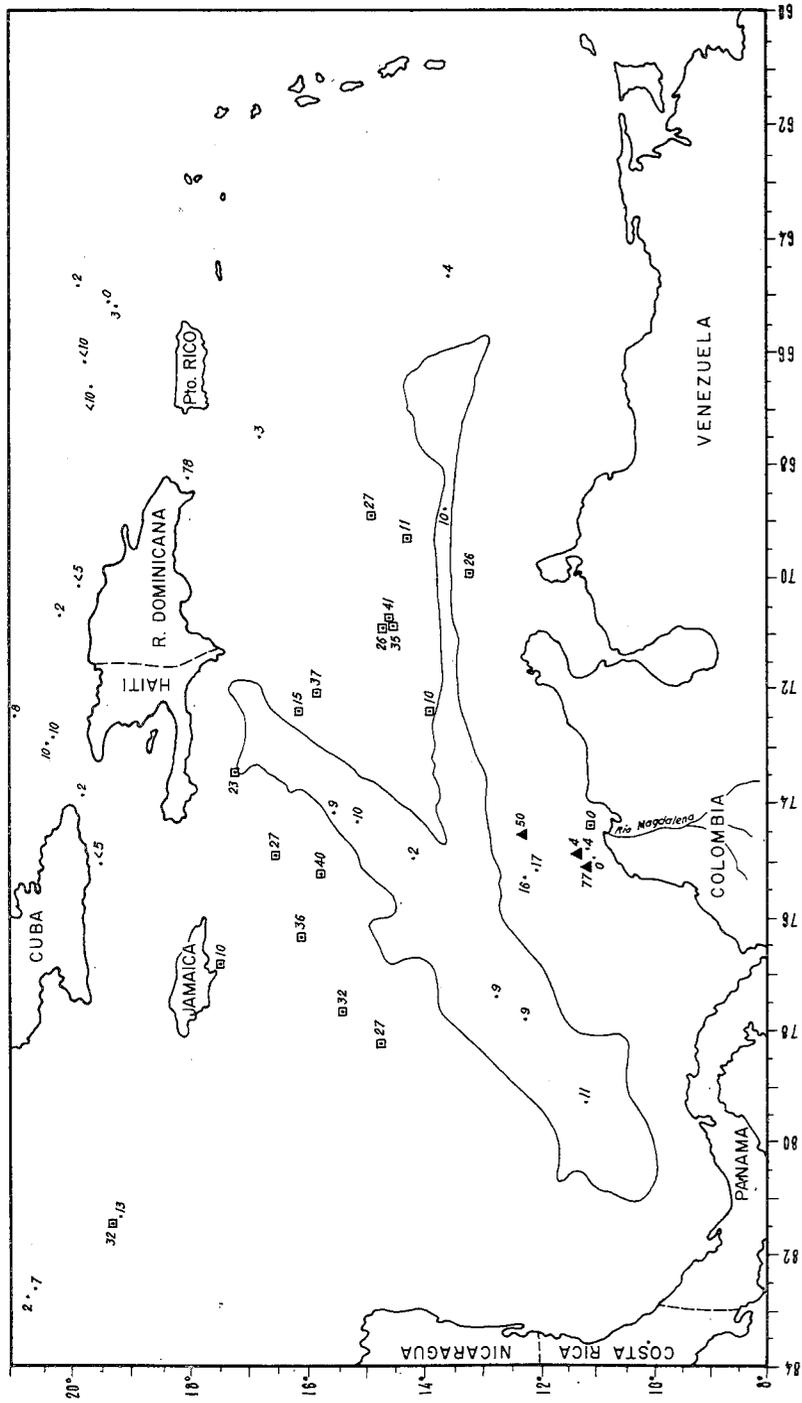


Nº DE TURBIDITAS POR 10 METROS

ESPESOR PROMEDIO EN CM. DE TURBIDITAS EN EL NUCLEO



% DE MATERIAL MAYOR DE 74 MICRAS



□ NUCLEO CON TURBIDITAS  
 ▲ NUCLEO CON TURBIDITA EN EL TOPE  
 ○ NUCLEO SIN TURBIDITA

GRADACION GRANULOMETRICA EN TURBIDITAS

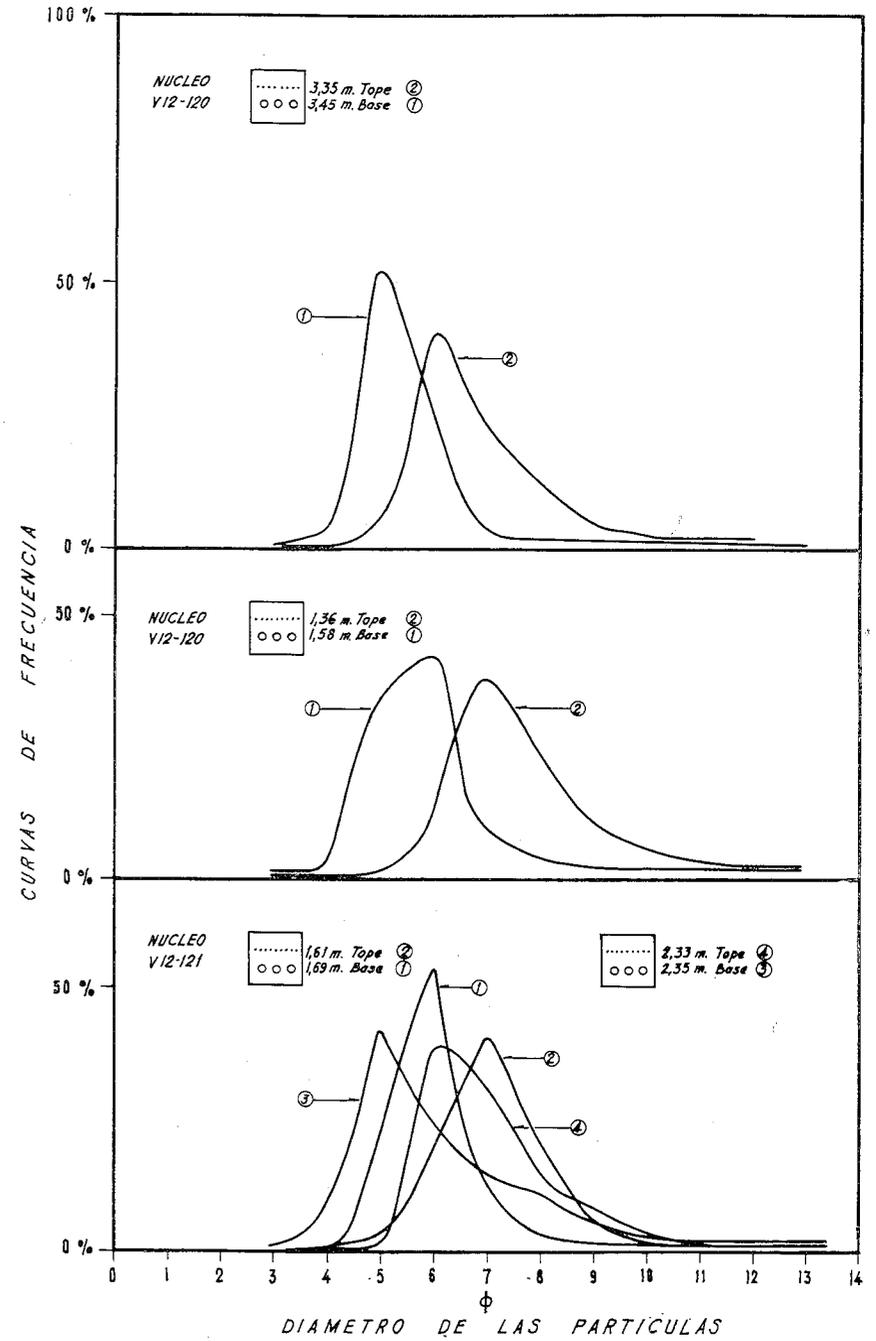
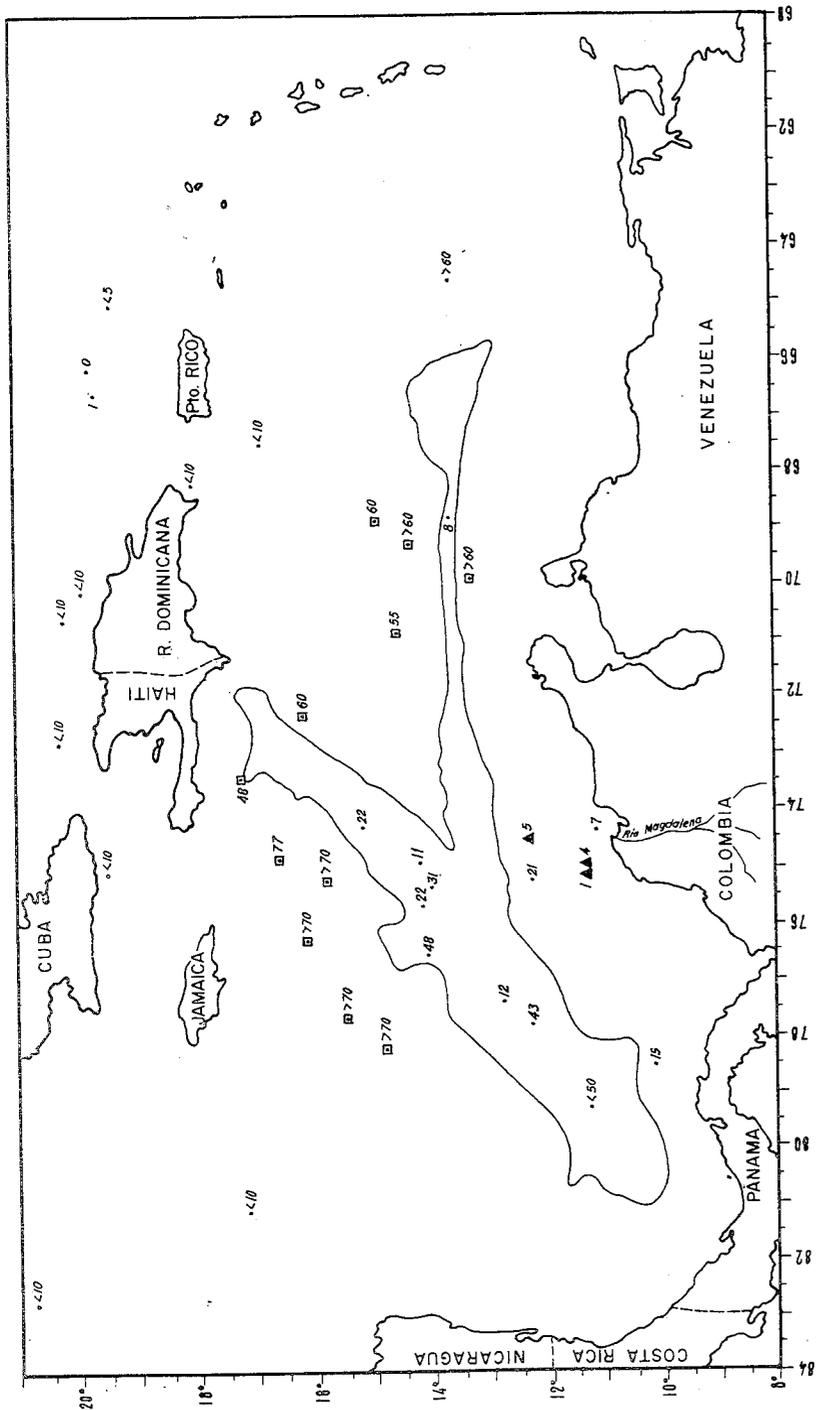


Figura 11. Curvas de frecuencia granulométrica de varias turbiditas, gradadas

% DE CaCO<sub>3</sub> EN TOPE DEL NUCLEO



• NUCLEO CON TURBIDITAS  
 ▲ NUCLEO CON TURBIDITA EN EL TOPE  
 □ NUCLEO SIN TURBIDITA

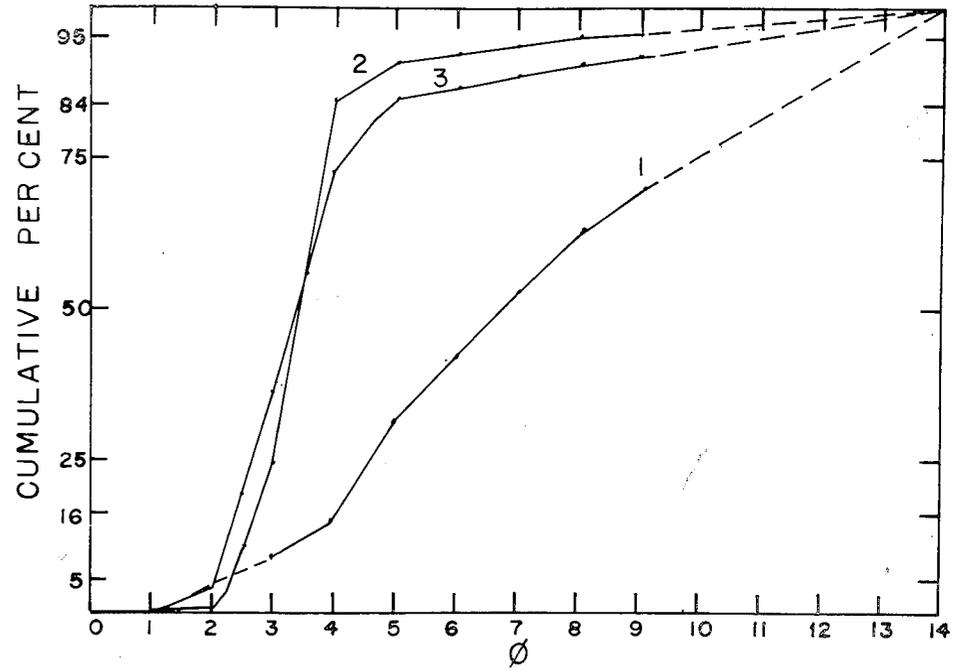


FIGURA N° 12

Núcleo N° V12-118

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	.10 m.	+6.780	+7.4266	+3.4886	+ .2157	+ .8587
2	.36 m.	+3.420	+3.3933	+1.1221	+ .2662	+2.6466
3	.50 m.	+3.400	+3.5733	+1.9663	+ .4557	+2.5102

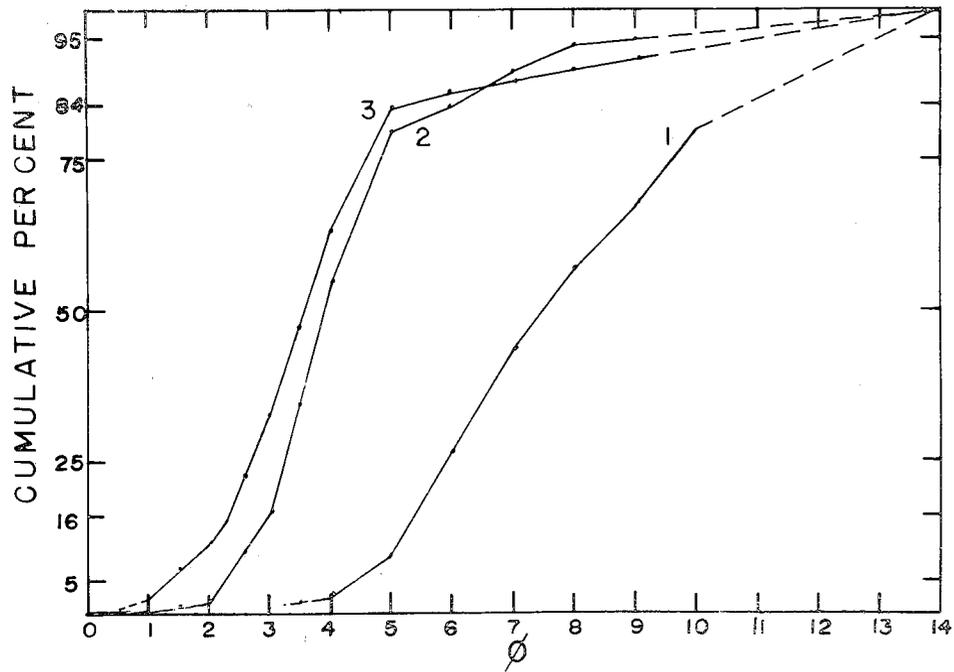


FIGURA N° 13

Núcleo N° V12-118

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	1.08 m.	+7.500	+7.9066	+2.6519	+ .2550	+ .9533
2	1.11 m.	+3.880	+4.2400	+1.6954	+ .4203	+1.5983
3	1.20 m.	+3.560	+3.6133	+2.1487	+ .2982	+2.1276

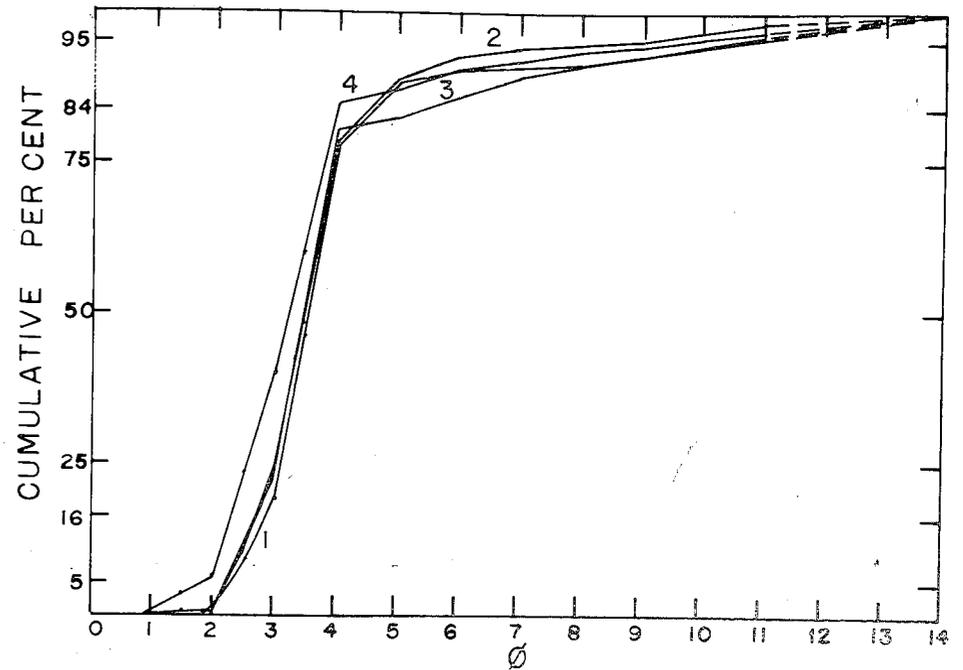


FIGURA N° 14

Núcleo N° V8-10

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	.82 m.	+3.520	+3.6600	+1.6198	+ .4646	+3.7266
2	.88 m.	+3.480	+3.5533	+1.3004	+ .3525	+2.3821
3	.95 m.	+3.480	+3.8866	+1.9031	+ .5659	+3.7444
4	.99 m.	+3.220	+3.1600	+1.5401	+ .2595	+2.6932

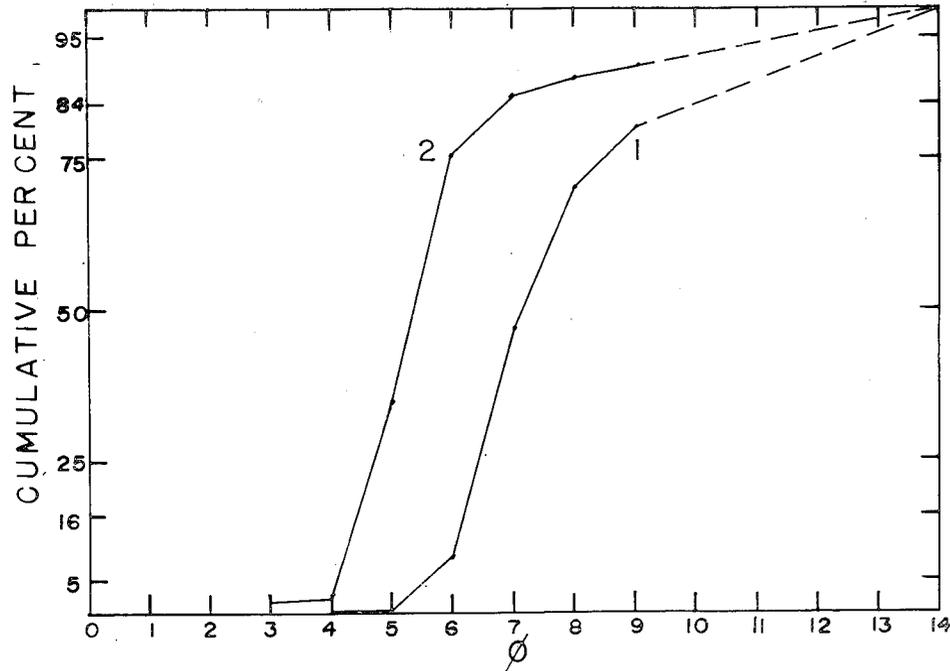


FIGURA N° 15

Núcleo N° V12-120

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	1.36 m.	+7.120	+7.7266	+2.0189	+ .5215	+1.4504
2	1.58 m.	+5.380	+5.5466	+1.7292	+ .4281	+2.3757

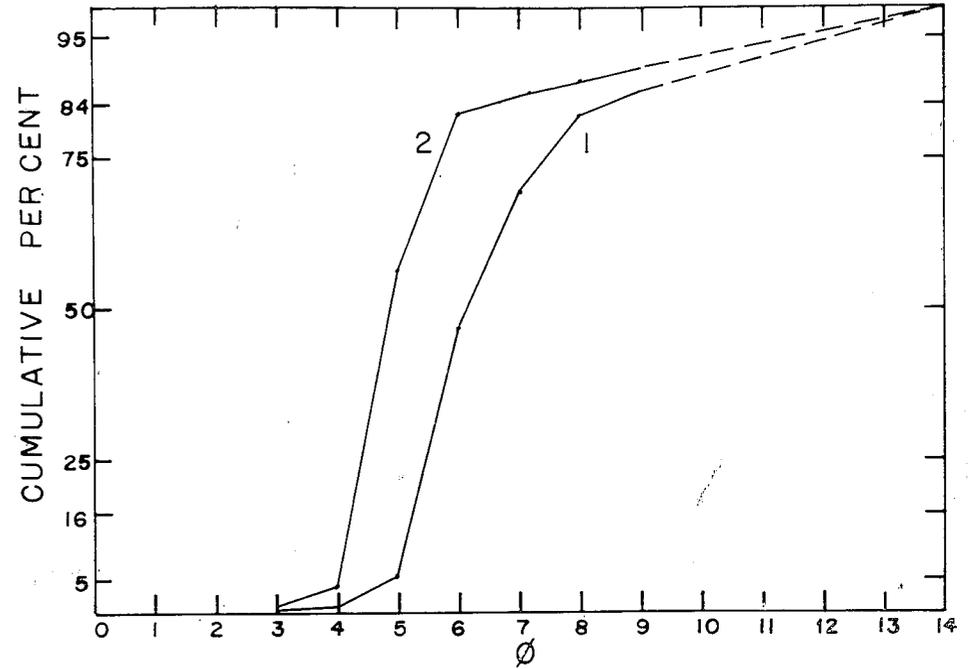


FIGURA N° 16

Núcleo N° V12-120

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	3.35 m.	+6.160	+6.6133	+1.9142	+ .5319	+1.5515
2	3.45 m.	+4.900	+5.2133	+1.6983	+ .5903	+2.3581

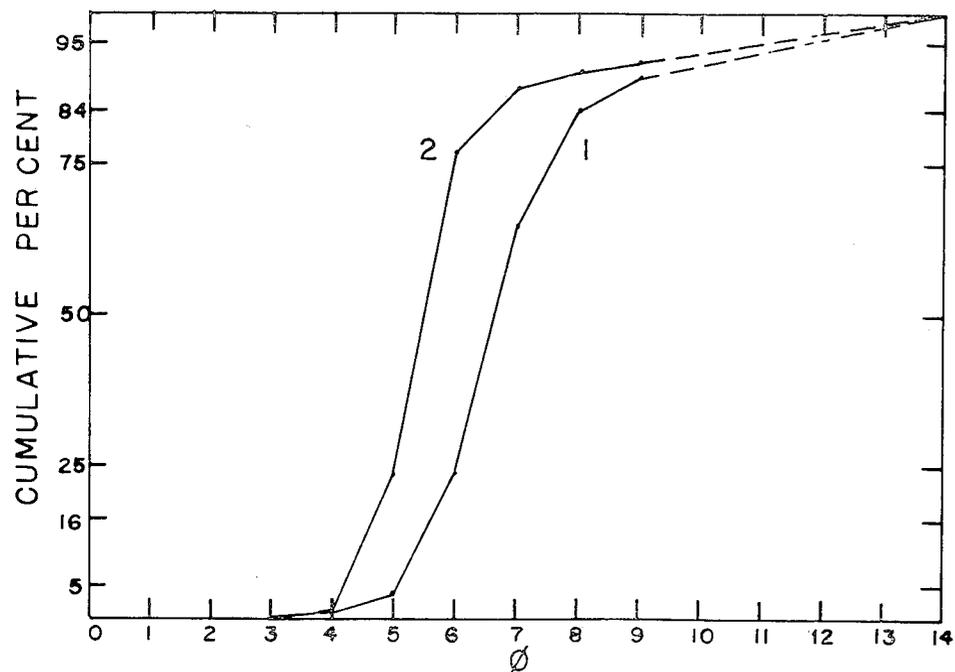


FIGURA N° 17

Núcleo N° V12-121

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	1.61 m.	+6.660	+6.7933	+1.6221	+ .3454	+1.8011
2	1.69 m.	+5.500	+5.6066	+1.5151	+ .3859	+2.9211

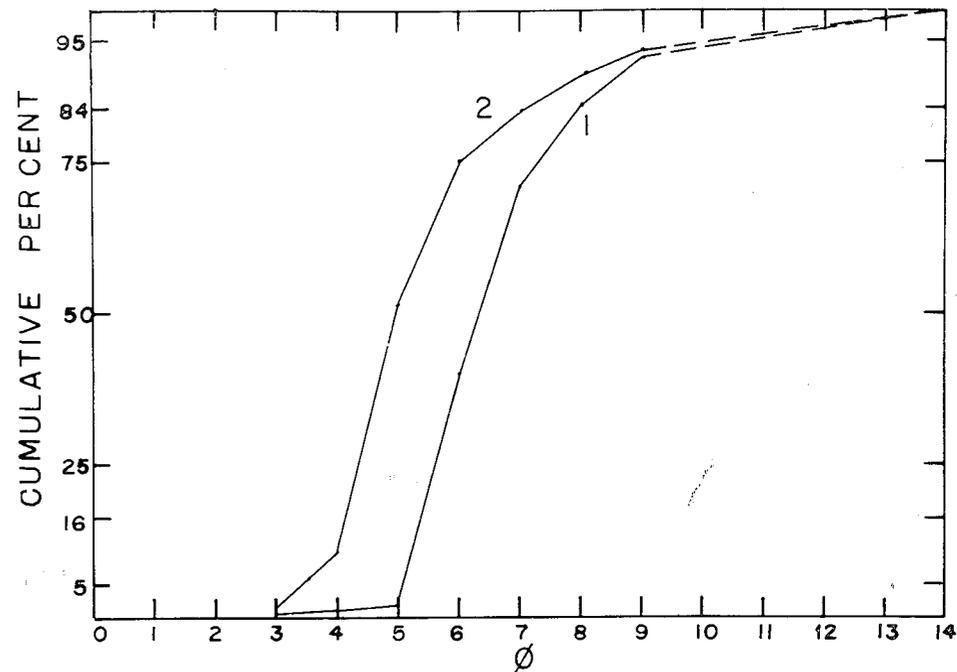


FIGURA N° 18

Núcleo N° V12-121

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	2.33 m.	+6.360	+6.5866	+1.5136	+ .4167	+1.2741
2	2.35 m.	+4.980	+5.400	+1.7522	+ .4901	+1.7152

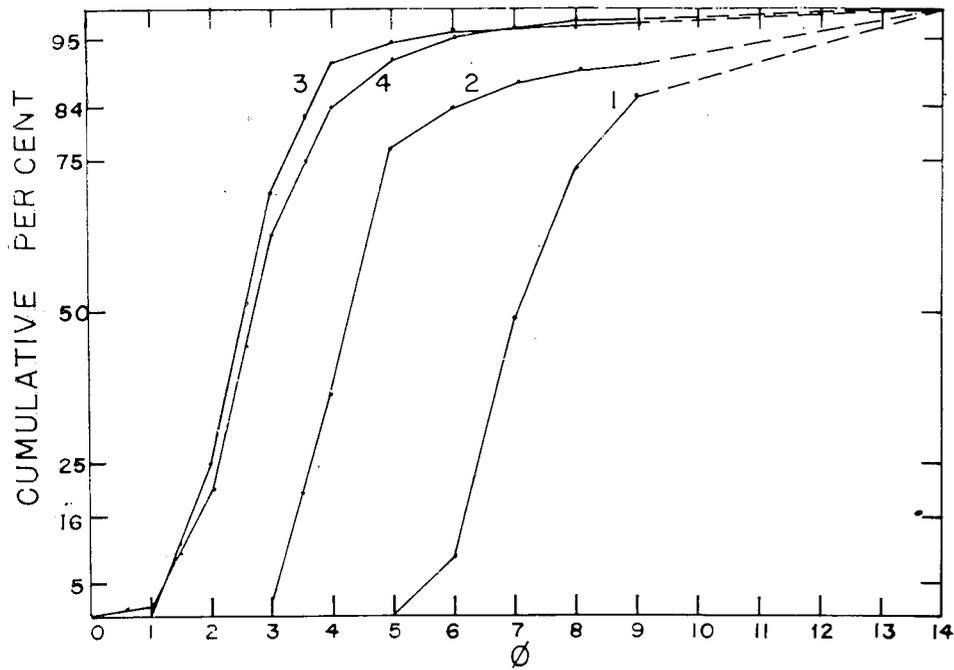


FIGURA N° 19

**Núcleo N° V12-121**

N°	Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
1	3.11 m.	+7.060	+7.3660	+1.7033	+ .4458	+1.6441
2	3.36 m.	+4.320	+4.5933	+1.9104	+ .5032	+2.7168
3	3.76 m.	+2.560	+2.6266	+1.1312	+ .2173	+1.3551
4	3.96 m.	+2.700	+2.8200	+1.2781	+ .2639	+1.3125

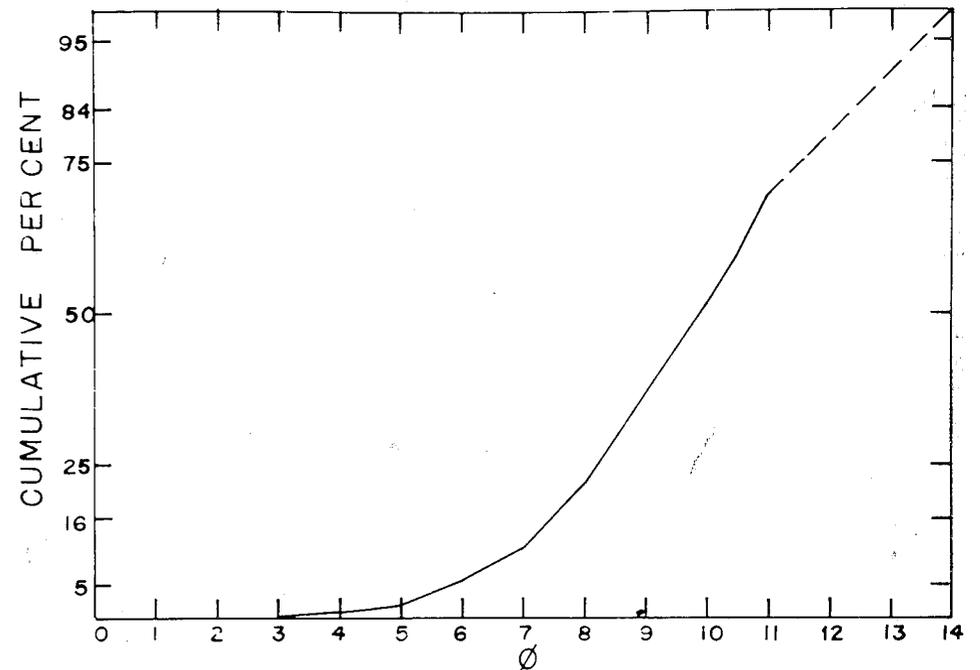


FIGURA N° 20

**Núcleo N° V8-10**

Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agujeza
.64 m.	+9.860	+9.8733	+2.4348	-.0305	+ .9771

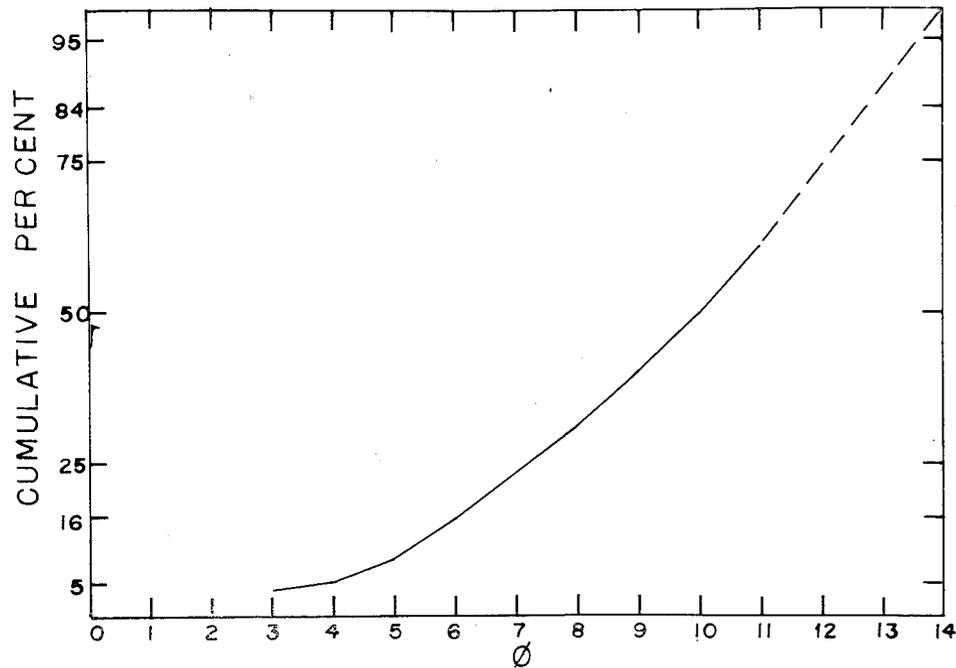


FIGURA N° 21

**Núcleo N° V8-10**

Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Aguidez
1.10 m.	+9.980	+9.5666	+3.2051	-.2297	+.8467

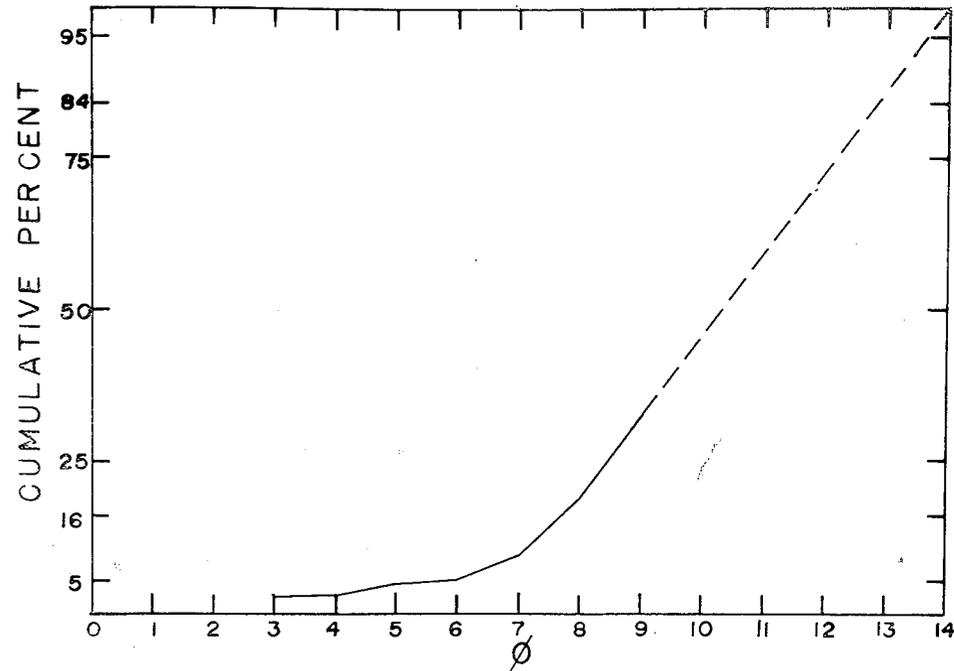


FIGURA N° 22

**Núcleo N° V8-10**

Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Aguidez
2.50 m.	+10.300	+10.2666	+2.5053	-.1009	+.8994

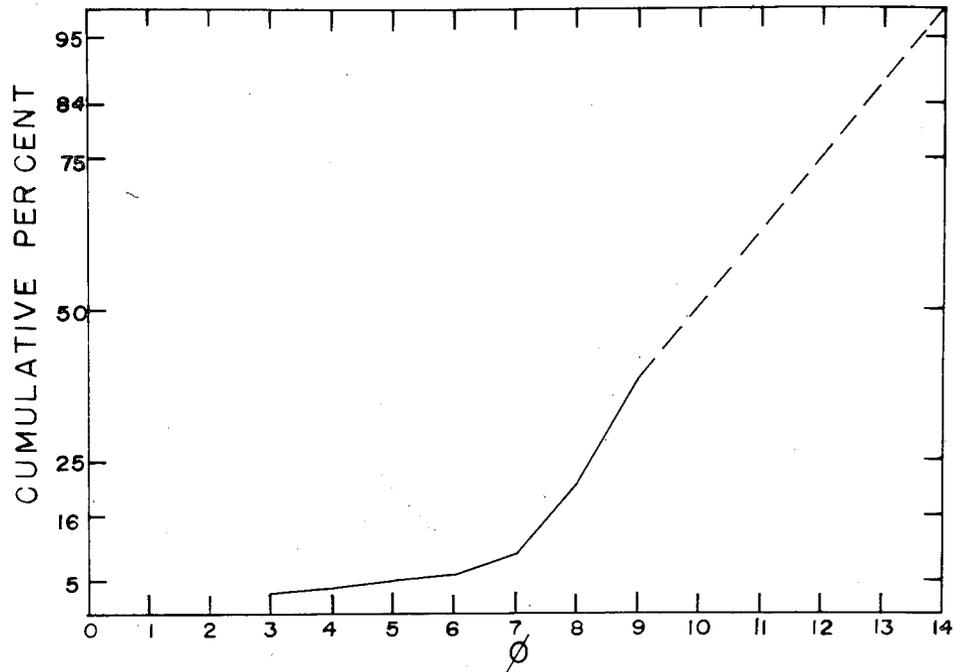


FIGURA N° 23

**Núcleo N° V12-120**

Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Aguidez
2.95 m.	+9.940	+10.0666	+2.5992	-.0462	+.9526

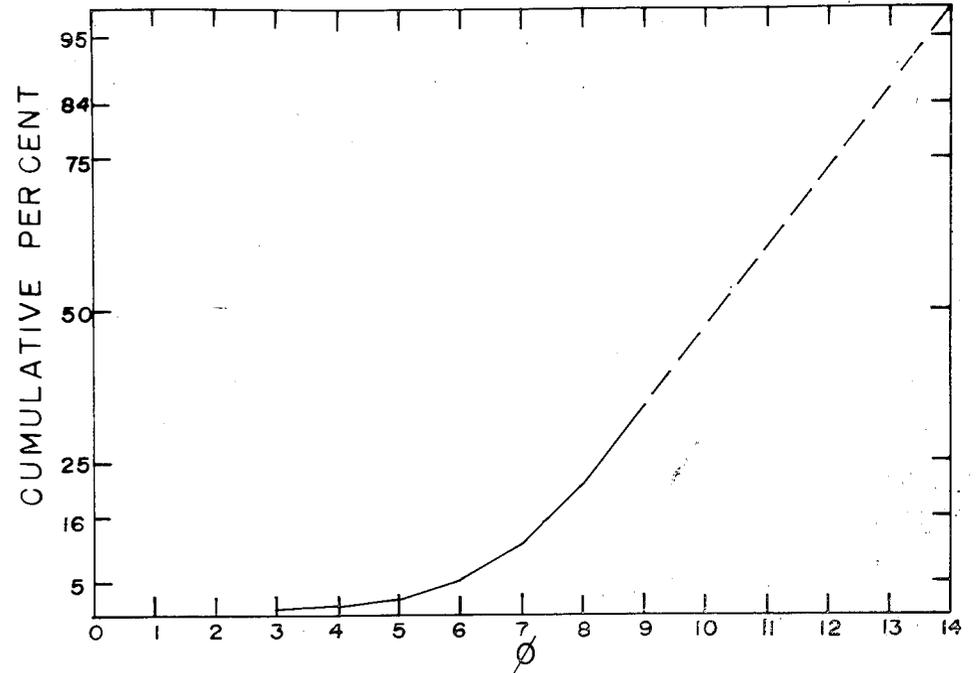


FIGURA N° 24

**Núcleo N° V12-121**

Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Aguidez
7.10 m.	+10.200	+10.1533	+2.5228	-.0743	+.8411

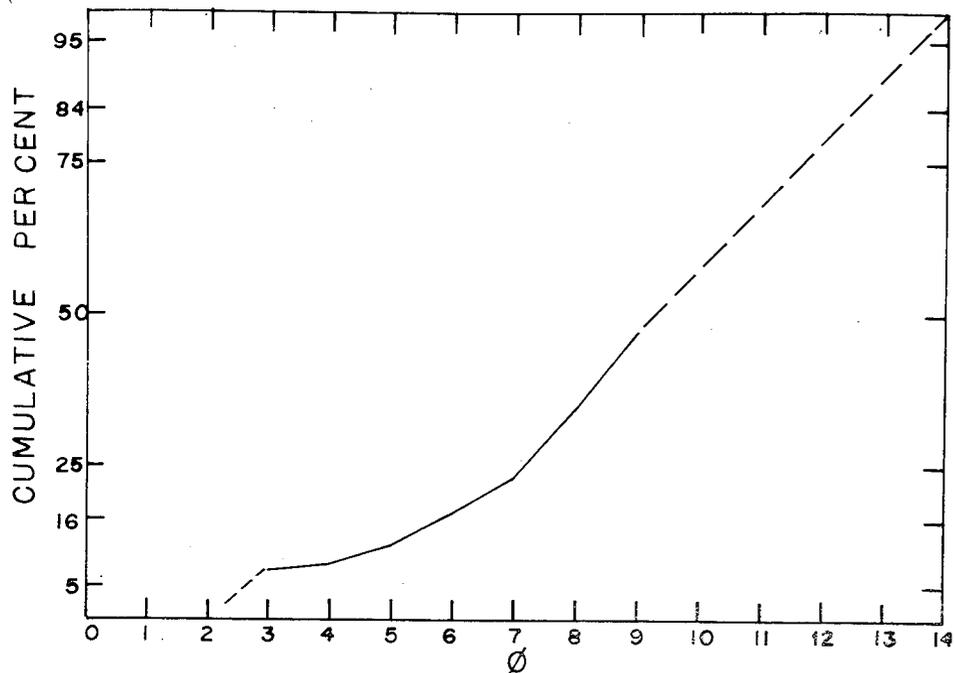


FIGURA N° 25

Núcleo N° V12-121

Profundidad	Mediana $\phi$	Diámetro medio $\phi$	Escogimiento $\phi$	Asimetría	Agudeza
7.15 m.	+9.240	+9.1400	+3.3586	-.1305	+1.0044

TURBIDITAS

Entre ambos ambientes hemipelágico y eupelágico se encuentran unidades de sedimentación anómala. El factor más notable de esta sedimentación está representado por la "turbidita", nombre que se usa en este informe como equivalente castellano del inglés *turbidite*. Los sedimentos del Plano Abisal de Colombia y Venezuela contienen cantidades considerables de material clástico grueso. En el plano abisal las turbiditas se hallan intercaladas con sedimentos eupelágicos (núcleos V12-120, V12-121), mientras que en las márgenes continentales están interstratificadas con sedimentos terrígenos o hemipelágicos (núcleos V12-112, V12-114, V12-115). Las partes centrales del mar Caribe que se hallan situadas por encima del plano abisal, por ejemplo, las lomas o promontorios Jamaica, Beata y Aves carecen totalmente de turbiditas. Por el contrario, y sin excepción, todo núcleo tomado en el plano abisal contiene turbiditas (núcleos V12-120, V12-121, A179-3, V8-10, RC7-16, RC7-21, V15-6, V12-110, etc.). (Ver fig. 5).

CAÑÓN SUBMARINO DEL CONO DEL MAGDALENA

Cinco núcleos fueron tomados cerca de la desembocadura del río Magdalena, dos dentro de los ocho kilómetros desde la boca y tres dentro de los treinta kilómetros. De estos últimos, dos fueron sacados del piso de dos cañones submarinos diferentes (Fig. 4). Se tomaron muestras en los cañones submarinos en las cercanías del sitio de rotura del cable submarino que va de Puerto Colombia a Maracaibo. El núcleo V12-118 fue recolectado en el piso de un cañón

donde roturas del cable submarino (Heezen, comunicación personal) han registrado siete corrientes de turbidez durante los treinta años pasados. El núcleo V12-118 contiene aproximadamente 10 turbiditas por metro (Figs. 2,a y 7) cuyos espesores van desde capas de milímetros hasta 57 centímetros. Ni material terrígeno, ni pelágico yace por encima de las turbiditas en este núcleo, hecho que confirma las evidencias de actividad reciente en este cañón submarino.

Algunas capas del núcleo V12-118 son bien gradadas, constituyendo buenos ejemplos de turbiditas (ver fig. 12 y Ap. III). Muchas veces la secuencia gradada no es completa y se encuentran capas homogéneas de arenas de espesores variables entre 5 y 60 cm. Las arenas, relativamente bien escogidas, del núcleo V12-118 son notablemente similares a los sedimentos del cauce del río, en Bocas de Ceniza. La marcada semejanza en distribución granulométrica de los sedimentos de la boca del río (tanto del cauce como en suspensión) y los del núcleo V12-118 —localizado en un cañón submarino desde la boca del río Magdalena—, indica que el material del río es transportado por un medio que permite muy poca alteración de su distribución granulométrica. En cambio el transporte normal del material que lleva el río en suspensión permite mezcla y difusión con el agua del mar que lo transporta en sus capas superficiales y produce una gradación del tamaño de los granos, más finos a medida que se aleja de la fuente de aporte. Aun cuando el material arenoso y limoso del núcleo V12-118 pudiera ser transportado por el mar en sus capas superficiales, este no parece el origen de los sedimentos de este núcleo, ya que no se encuentran capas de es-

pesores similares en los núcleos tomados en áreas adyacentes a los cañones.

El núcleo V12-112 fue localizado cerca del piso en la pared de un cañón submarino por donde han pasado recientemente varias corrientes de turbidez según información obtenida de la rotura de cables submarinos. Este núcleo tiene dos turbiditas gruesas compuestas por arena y limo grueso con restos de plantas, sin ninguna gradación de granos e intercaladas con sedimentos semejantes al material fino terrígeno del área de la boca del río. Este núcleo parece indicar que sólo las corrientes de turbidez de mayor magnitud fluyeron suficientemente alto de modo de alcanzar la localidad del núcleo, mientras que la gran cantidad de turbiditas de poco espesor a todo lo largo del núcleo V12-118 sugiere que todas las corrientes de turbidez dejaron su huella en este núcleo. Algunas de las láminas finas arcillolimosas del V12-118 son similares al material terrígeno arcillolimoso que se encuentra en la desembocadura del Magdalena. Veinticinco capas finas de detritus de plantas se han observado en el V12-118. Este contenido de plantas se halla asociado con arena fina y limo y no con el material más grueso. Detritus de plantas de este tipo es característico de las muestras del cauce y de la boca del río donde forman un 10 por ciento. Este mismo material orgánico se encuentra en los núcleos profundos del Plano Abisal de Colombia (V12-120, V12-121, A179-3, etc.).

El núcleo V12-119 fue tomado cerca del límite de la zona de cañones submarinos entre el Cono del Magdalena y el Plano Abisal de Colombia. Este núcleo está compuesto en-

teramente por material arenoso. Parece ser una sola y gruesa turbidita sin gradación aparente y extremadamente rica en detritus de plantas. El V12-119 no contiene material pelágico ni hemipelágico, lo que se puede considerar una evidencia de que su localidad está en un área moderna de sedimentación de corrientes de turbidez del Magdalena (Fig. 6).

#### TURBIDITAS DEL PLANO ABISAL DE COLOMBIA

Cinco núcleos del plano abisal contienen entre 34 y 37 por ciento de turbiditas limosas y arenosas. Uno contiene 20 por ciento y otro, 61 por ciento (Fig. 5). Los núcleos tomados en el brazo norte del Plano Abisal de Colombia son todos muy semejantes (V12-120, V12-121, A179-3, RC7-21, RC7-16, V15-6), todos tienen capas con un alto contenido de detritus de plantas y gran cantidad de laminación fina y laminación cruzada con frecuencia (fotos 3, 4, 6, 7, 8 y 10). El color de las turbiditas es característicamente distinto al de los lodos de foraminíferos. Estos presentan tonalidades marrones y amarillentas: 5 YR 5/2, 5 YR 3/2, 10 YR 2/6, 10 YR 6/2 y 5 Y 8/4, según la tabla de colores (G. S. A. **Color Chart**, 1951), mientras aquéllas son principalmente de tonalidades grises: 5 Y 5/1, 5 GY 6/1, 5 Y 4/1 y N4. Como regla general, los contactos inferiores de las turbiditas son muy claros y definidos, mientras que los contactos superiores son transicionales (ver foto N° 5). Contactos superiores transicionales se han observado comúnmente muy perturbados por la acción mezcladora de los organismos que se alimentan de lodo (ver fotos 8 y 9). Detritus de plantas están comúnmente presentes en sedimentos depositados por corrientes de turbidez. En algunos ca-

ños se hallan concentrados en capitas finas a diferentes niveles dentro de una misma turbidita (foto N° 10); otras veces se concentran en capitas mayores como en el V8-10 (foto N° 1); y también esparcidos por todo el núcleo (V12-119). Sin embargo, se hallan asociados más comúnmente con las arenas finas del depósito. El doctor Herman Mecker, del Museo Botánico de Nueva York (según comunicación personal), examinó los fragmentos de hojas de los núcleos V12-118 y V12-119 y los identificó como hojas de **plantas dicotiledóneas**.

Generalmente, en las turbiditas de mayor espesor la gradación es perfectamente visible.

En un pequeño promontorio de la parte oeste del Plano Abisal de Colombia se recolectaron tres núcleos, de los cuales el V8-7 y el V8-8 fueron tomados casi al pie del flanco del promontorio, a sólo unas pocas brazas por encima del plano abisal adyacente; y el V8-10 localizado cerca, en el plano abisal. Estos son tres núcleos cortos, debido posiblemente a un mal funcionamiento durante su obtención. Los tres contienen un menor porcentaje de turbiditas: 20, 20 y 4 por ciento. No se observó laminación fina en ellos y el lodo pelágico intercalado es parte prominente de sus litologías. Sin embargo, lo corto de los núcleos puede afectar el valor comparativo de estos datos observados. Sedimentos de estos núcleos también contienen detritus de plantas en cantidad apreciable (foto N° 1).

#### PLANO ABISAL DE VENEZUELA

Sólo dos núcleos se han tomado en el Plano Abisal de Venezuela. El V12-110 contiene solamente 11 por ciento de turbiditas en la forma de 19 láminas finas, una turbidita

de 20 cm y otra de 5 cm. Las corrientes de turbidez que se originan en el Cono del Magdalena pueden llegar hasta el sitio de localización del núcleo V12-110, a través del cañón o valle submarino de piso llano que comunica el Plano Abisal de Colombia con el Plano Abisal de Venezuela. El Plano Abisal de Venezuela se halla aislado del continente adyacente por el relieve abrupto e irregular de la cadena de islas Aruba-Curazao y la fosa de Los Roques. Aparentemente, pues, la única fuente de aporte terrígeno responsable de la suavización del relieve del Plano Abisal de Venezuela es el Plano Abisal de Colombia, cuyos sedimentos, a su vez, se derivan del río Magdalena.

#### DISCUSION SOBRE LAS TURBIDITAS

**Espesor.** Los granos más gruesos suelen encontrarse en las capas de mayor espesor. En el área de la extensión o brazo norte del Plano Abisal de Colombia, donde la litología, porcentaje de turbiditas y otras características, son muy uniformes, el espesor promedio de las capas de turbiditas varía entre 10 y 55 cm. En el piso del cañón submarino del Cono del Magdalena (núcleo V12-118), el espesor promedio es de 6 cm, y en áreas más distantes del Plano Abisal de Venezuela, es de sólo 3 cm.

**Número de turbiditas.** En base a los núcleos estudiados, se ha obtenido el número de turbiditas por 10 metros y este ha resultado entre 8 y 36 para el Plano Abisal de Colombia, mientras que el núcleo V12-118, localizado en el piso de un cañón submarino contiene 84 turbiditas en 10 metros; sin embargo, en el núcleo V12-112, localizado sobre la pared de un cañón submarino, este número fue sólo 16 (Fig. N° 7).

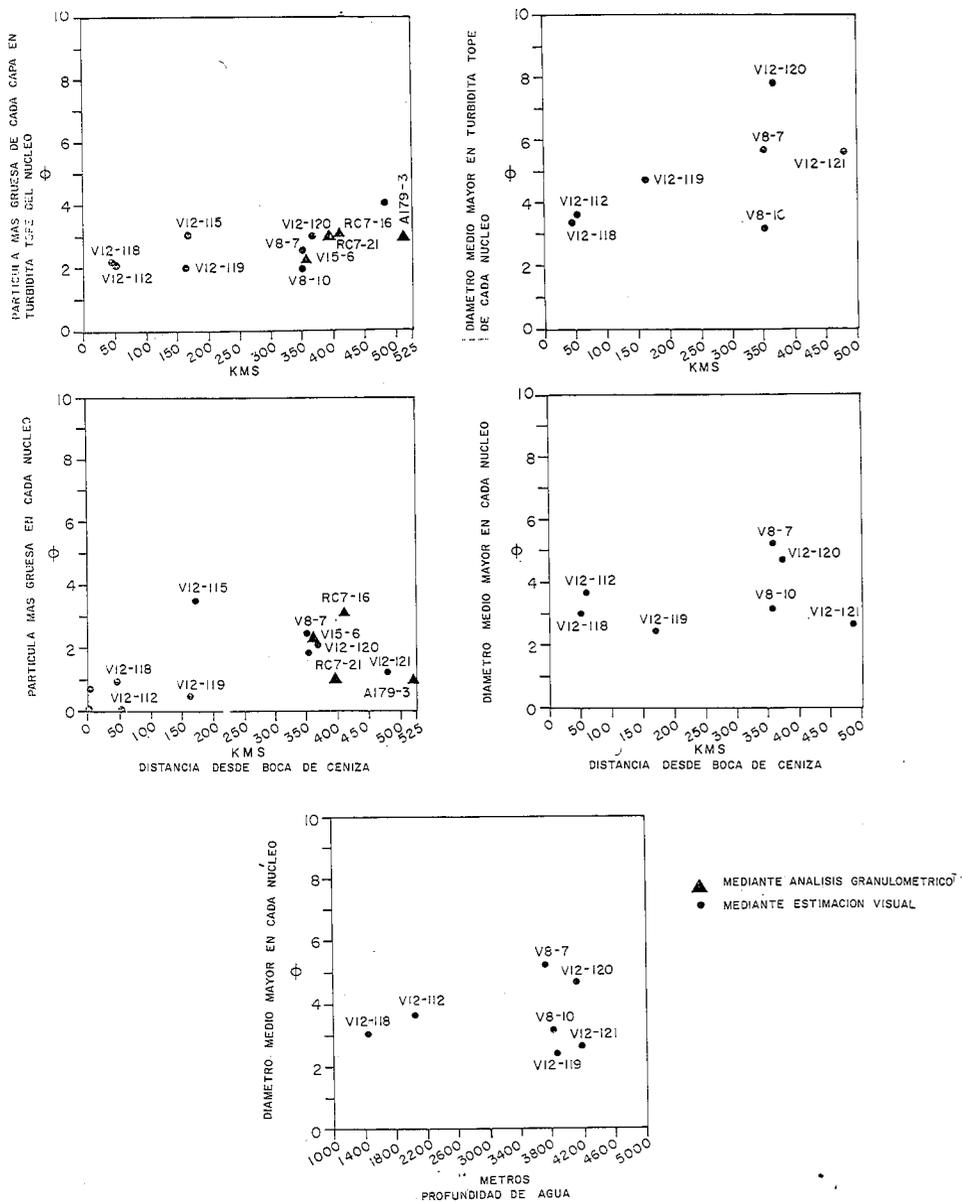


Figura 26. Gráficos de correlación de distancias y tamaños de los granos

**Tamaño de granos** (Fig. 26). El diámetro medio ( $M_z$ ) mayor de los granos en cada núcleo no muestra ninguna relación con la profundidad del agua. Y así los diámetros medios mayores en el núcleo V12-121 del plano abisal a 4.200 metros de profundidad, son de mayor tamaño que los encontrados en el núcleo V12-118 en el cañón submarino. Este diagrama es muy interesante, porque revela que el diámetro medio de los componentes de un sedimento no siempre guarda una relación con su distancia a la costa o con la profundidad del agua, como es considerado por muchos sedimentólogos. El diámetro medio mayor de cada núcleo no guarda relación con su distancia de la desembocadura del río Magdalena. Las partículas de mayor tamaño, definidas por el percentil 5 de la curva acumulativa y por inspección visual, muestran una cierta relación con la distancia, de modo que los más gruesos se observan en los núcleos cercanos a la boca del río y los más finos con disminución progresiva de tamaño se hallan en núcleos localizados progresivamente más distantes de la desembocadura del río. Sin embargo, debido a la dispersión de los puntos que muestra la figura, no se tiene una gran confianza en esta relación.

#### DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Todas las turbiditas analizadas para este trabajo muestran curvas de frecuencia muy puntiagudas (**leptokurtic**), lo que podría ser el reflejo de un buen escogimiento del sedimento en su ciclo anterior, antes de ser aportado al transporte de las corrientes de turbidez; las turbiditas poseen asimetría (**skewness**) positiva (hacia las partículas más finas). La

ausencia general de asimetría negativa (hacia las partículas más gruesas) en las turbiditas, puede relacionarse con la competencia de los medios de transporte, tanto las corrientes fluviales que llevaron el sedimento hasta la desembocadura del río como las corrientes de turbidez que lo transportaron a la cuenca oceánica de Colombia. Muestras tomadas a 2,12 m, 2,16 m y 2,35 m en el núcleo V12-112, poseen valores notablemente excesivos de asimetría negativa. Estos valores están relacionados probablemente con material de derrumbe en la pared del cañón submarino. Estas muestras son esencialmente una mezcla de arena gruesa (y algunos gránulos) y arcilla.

En los lodos pelágicos de foraminíferos se observa una ligera asimetría negativa (hacia los gruesos), la cual aumenta con el número de caparazones de foraminíferos, pero no llega a alcanzar valores extremadamente altos debido a que la densidad baja de los caparazones compensa su cantidad (ver cuadros del Apéndice II).

En la figura N° 27 se relacionan los valores de asimetría con los de agudeza de las 195 muestras analizadas, con el objeto de evaluar la normalidad de su distribución de tamaño. Distribución granulométrica perfectamente normal (logarítmica normal) debe ser representada en el gráfico por un punto de coeficiente de asimetría 0 y coeficiente de agudeza 1. Los puntos que caen dentro del rectángulo definido por los valores + 0,90 y 1,10 de agudeza (**kurtosis**) y + 0,10 y - 0,10 de asimetría (**skewness**), pueden considerarse representando a muestras con distribución logarítmica normal del tamaño de sus granos. Estos límites del

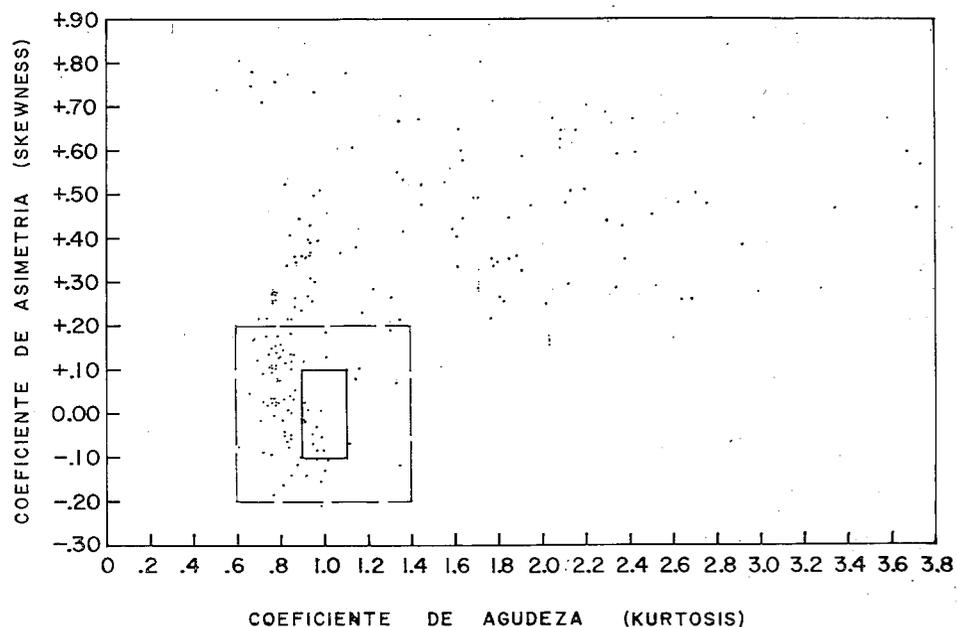


Figura 27. Rectángulos de "normalidad" (asumidos) para las 195 muestras analizadas. La mayor parte de ellas no son normales

"rectángulo de lognormalidad" fueron usados por Friedman (1962) y, según ellos, en este estudio el rectángulo inferior de la figura 27 nos indica que el 92 por ciento de todas las muestras analizadas no tienen una distribución logarítmica normal. Sin embargo, los límites de este rectángulo fueron determinados por Friedman (*ibid.*) mediante la prueba de precisión de **kurtosis** y **skewness** relacionada con el error del operador; y como para este informe no se hizo dicha prueba, se ha considerado conveniente una aplicación arbitraria del "rectángulo de lognormalidad" de Friedman (en el gráfico, el de líneas interrumpidas), según la cual sólo el 43 por ciento de las 195 muestras analizadas puede considerarse como de distribución logarítmica normal. Las turbiditas tienden todas a presen-

tar asimetría hacia lo fino (positiva) y se hallan más distantes de la "lognormalidad", mientras que los sedimentos terrígenos arcillosos se acercan más a la "lognormalidad".

En la figura 28 se relacionan los valores de asimetría y de escogimiento de muestras de turbiditas —representadas por puntos encerrados en círculos— y lodos pelágicos, representados por puntos solamente. Este diagrama muestra una separación clara entre las turbiditas y los otros sedimentos. Las turbiditas tienden a ser mejor escogidas, y con asimetría apreciable hacia lo fino se hallan en un campo distinto. Los sedimentos eupelágicos tienen coeficientes de asimetría entre + 0,2 y — 0,2 y son marcadamente peor escogidos que las turbiditas. Su distribución granu-

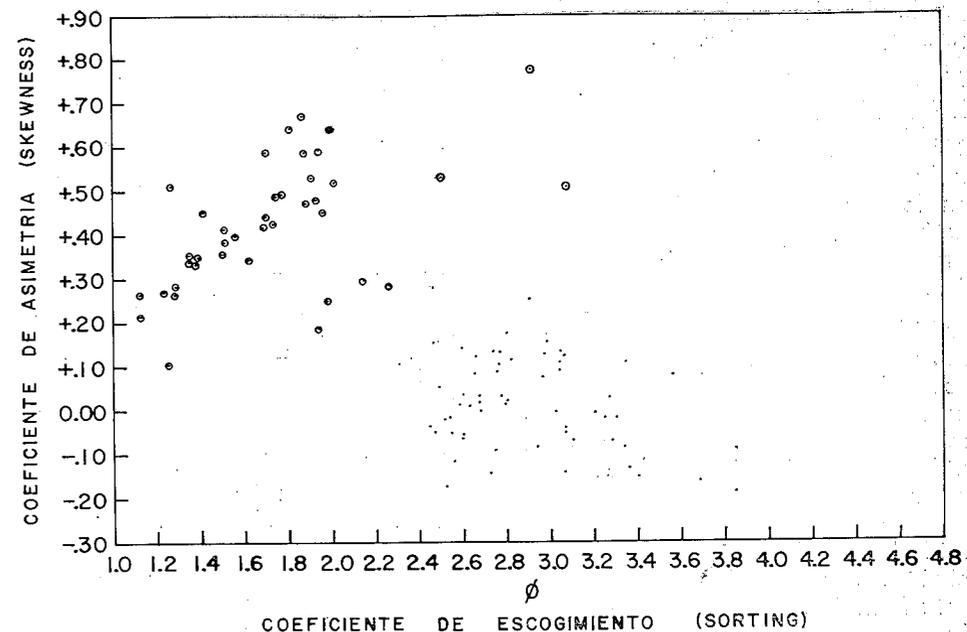


Figura 28. Correlación de los valores de asimetría y escogimiento de las 195 muestras. Puntos encerrados en círculos son turbiditas y puntos sencillos representan lodo de foraminíferos y material hemipelágico. Nótese los dos campos separados para sedimentos de ambientes distintos

lométrica no termina abruptamente en el extremo izquierdo (tamaños mayores) debido a que ellos no han sido transportados por tracción.

Los limos terrígenos tienden a ser ligeramente asimétricos hacia las partículas finas, pero en menor magnitud que las turbiditas, y son peor escogidas que éstas.

Los sedimentos hemipelágicos son comúnmente bimodales y, por lo tanto, poseen el peor escogimiento; también tienen asimetría hacia lo grueso en respuesta a la presencia de caparazones de foraminíferos contenidos en lo que de otro modo sería un sedimento fino-arcilloso. Friedman (1962) señaló el hecho de que las arenas de playa pueden ser claramente distinguidas de las arenas de

río en base a un gráfico de valores de escogimiento y asimetría. Las arenas de playa tienden a presentar asimetría hacia los granos más gruesos y son muy bien escogidas. Las arenas de río, en cambio, son asimétricas hacia los granos finos y son algo menos bien escogidas. El campo de las turbiditas de este estudio parece estar algo yuxtapuesto al campo de las arenas de río, según Friedman (Fig. 10; 1962); pero debido a una mayor cantidad de partículas lutáceas en las turbiditas, el escogimiento de éstas es pobre y su campo se halla adyacente al de las arenas de río, pero hacia valores de menor escogimiento.

**Gradación en las turbiditas.** Muchas de las turbiditas poseen una



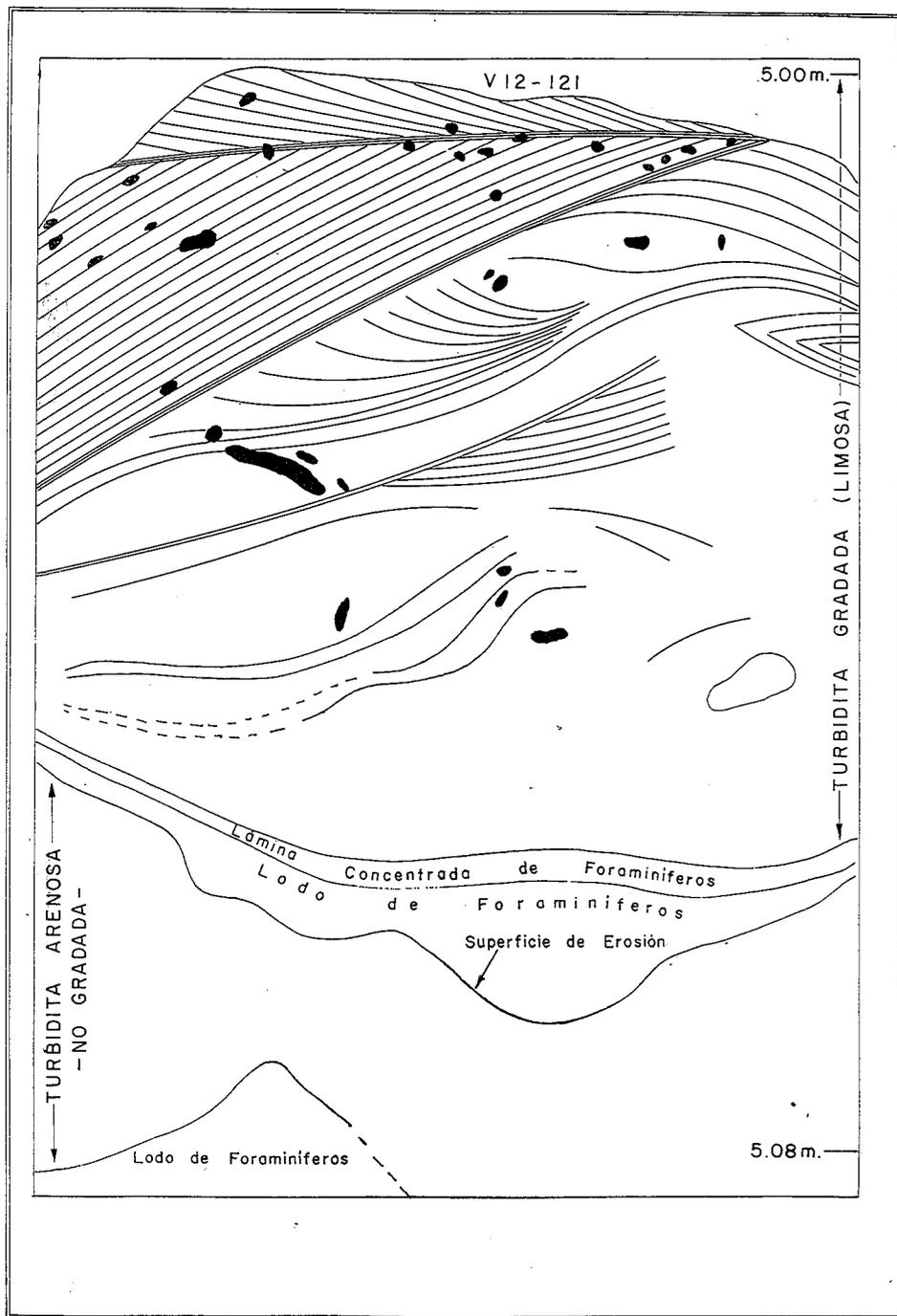


Figura 30. Interpretación gráfica de la fotografía Nº 10

**Derrumbes.** Algunos núcleos presentan derrumbes en donde granos gruesos y hasta gránulos se encuentran esparcidos y aglutinados en el material fino-arcilloso. Núcleos V8-7 y V12-112.

**Moteado.** En los depósitos del plano abisal se encontraron madrigueras rellenas con lodo (**lutite**), las cuales habían sido cavadas por organismos que se alimentan de ese material. Esto da un aspecto moteado al sedimento y suele penetrar hasta varios centímetros de la parte superior de las turbiditas, perturbando, generalmente, la laminación muy fina (fotos 7, 8 y 9). El moteado se destaca claramente debido al gran contraste entre las texturas pelágica y clástica; en cambio, es imposible identificar en sedimentos homogéneos.

#### DEFORMACIONES INHERENTES AL PROCESO DE SACAR NUCLEOS

En la investigación de estructuras primarias en núcleos de gran profundidad marina, se requiere un estudio de la deformación sufrida por el aparato sacanúcleos. Desafortunadamente, los núcleos que contienen las mejores estructuras primarias, son los que más fácilmente se deforman al sacarlos. Laminación cruzada y laminación fina suelen preservarse, pero la estratificación de las turbiditas de grano más grueso y de mayor espesor es destruida con frecuencia y, lo que es peor, los efectos de deformación debidos al sacanúcleos son comúnmente difíciles de distinguir de las estructuras primarias, originalmente en el sedimento. La fotografía Nº 10 ofrece una buena ilustración de laminación cruzada en material fino del núcleo V12-121 del plano abisal. Aquí se pueden observar in-

clinaciones de más de 50° en algunas de las láminas frontales (**foreset laminae**). Estas inclinaciones sobrepasan excesivamente el ángulo de reposo conocido para este material, lo que claramente constituye un indicio de deformación, probablemente ocurrida durante la obtención del núcleo.

#### CORRIENTES DE FONDO OCEANICO

Las láminas limosas, bien escogidas de turbiditas del plano abisal, frecuentemente forman laminación cruzada, la cual puede ser interpretada como evidencia de retrabajo por corrientes marinas a profundidades mayores de 4.000 metros. Corrientes de  $\frac{1}{10}$  cm/seg pueden ser suficientes para transportar el material limoso ya en suspensión; sin embargo, velocidades mayores de 15 cm/seg se requieren para poder erosionar el mismo material. Aun cuando corrientes de tales velocidades existen ciertamente en las profundidades oceánicas (Heezen y Hollister, 1964), parece más probable que las fases de desvanecimiento de las corrientes de turbidez ya han producido los efectos que se observan actualmente en los núcleos abisales. Esta última creencia es favorecida por el hecho de que tanto laminación fina como laminación cruzada se hallan casi siempre en las partes limosas superiores de las turbiditas.

#### TASA PROBABLE DE SEDIMENTACION DE LAS TURBIDITAS DEL PLANO ABISAL

La mayoría de los núcleos del Plano Abisal de Colombia contiene material pelágico abisal en el tope. El espesor de este material en el tope varía entre 30 y 300 cm, excepto en

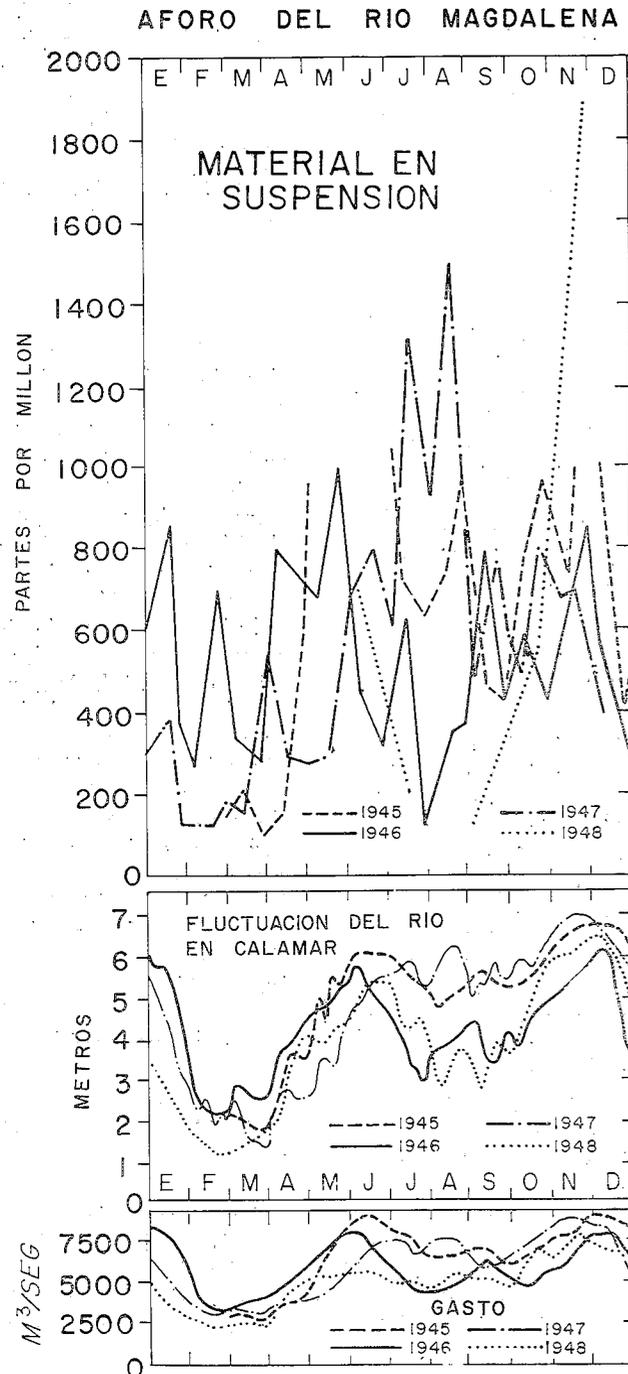
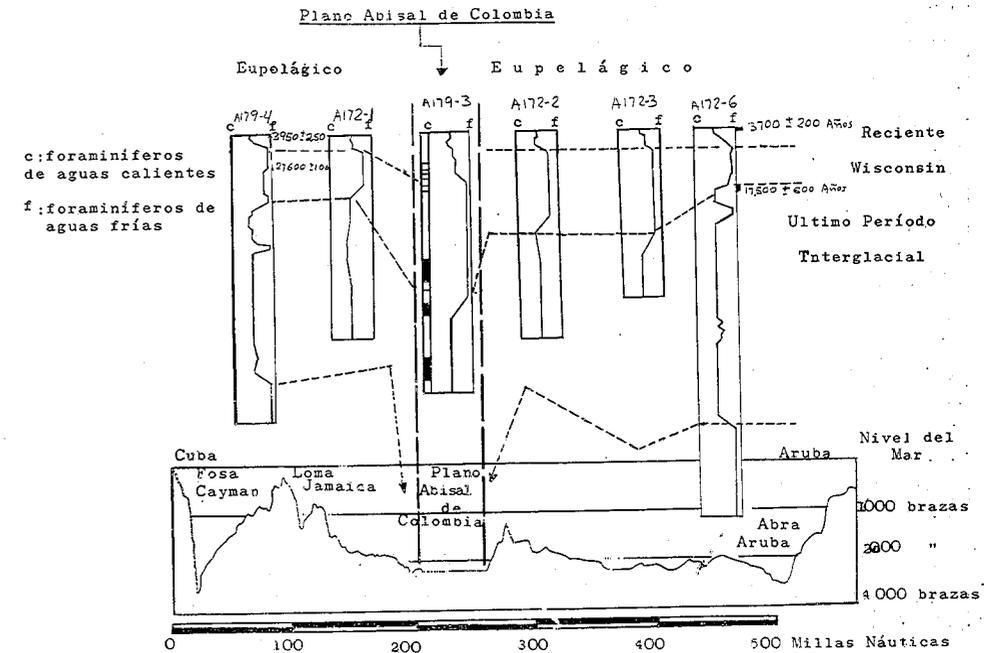


Figura 31. Aforo del río Magdalena desde 1945 hasta 1948. (Datos aportados por el Departamento de Obras Públicas de Colombia)



Nota. Esta correlación ha sido hecha con datos tomados de Ericson et al. (1961).

un núcleo. La historia climática de sedimentación pelágica del núcleo A179-3 ha sido determinada por Ericson et al. (1961). Según la variación de especies de foraminíferos de agua fría y de agua caliente, este núcleo abarca los períodos Reciente, Glacial y Ultimo Interglacial. Pterópodos del V12-120, estudiados por el doctor Chin Chen —del Observatorio Geológico de Lamont—, sugieren una estratigrafía similar para el núcleo V12-120. Las secuencias de material pelágico en el núcleo A179-3 son gruesas y poco interrumpidas, por lo que no parece probable que los foraminíferos de este núcleo puedan haber sido retrabajados y dar así una curva climática errónea. El límite entre el Reciente y el Ultimo Glacial, a un metro de profundidad en el núcleo A179-3, sugiere una tasa

aproximada de sedimentación de 10 cms/10.000 años, la cual es varias veces mayor que la tasa pelágica de acumulación normal. Sin embargo, la sedimentación pelágica durante el último período glacial es menor. Algunas capas delgadas de turbidita se encontraron en el núcleo A179-3 cerca del límite entre el último Glacial y el Reciente. Los núcleos A179-3, V12-120 y V12-121 son muy semejantes y todos tienen entre 1,5 y 3,10 m de sedimentos pelágicos suprayacentes a la turbidita más superior (Fig. 6). Esto indica que ninguna corriente de turbidez ha alcanzado ese área del brazo norte del Plano Abisal de Colombia desde el deshielo del Wisconsin. Las primeras corrientes de turbidez Recientes o del Posglacial sólo depositaron láminas muy finas (A179-3). Las únicas tur-

biditas gruesas en el núcleo A179-3 parecen haber sido depositadas durante los comienzos del último período glacial (Wisconsin) y en las postimerías del III<sup>o</sup> o Último Interglacial. Por lo tanto, se deduce que las corrientes de turbidez han alcanzado el brazo norte del Plano Abisal de Colombia, en el Cuaternario Reciente a una tasa algo menor de 10 por 100.000 años. El núcleo RC7-21 tiene sólo 5 cm de sedimento pelágico sobre su turbidita tope. Este núcleo se halla localizado al sudoeste del grupo de núcleos del brazo norte del Plano Abisal de Colombia. El RC7-21 (ver Fig. 2a y 5) consiste casi totalmente de turbiditas y más de un 60 por ciento de los tres metros superiores está formado por turbiditas. Parece, pues, que corrientes de turbidez llegaran a este lugar, pero no al área inmediatamente al NE, a pesar de que no se conoce ninguna barrera física para ello.

En la parte sudoeste del Plano Abisal de Colombia, unos 60 a 75 cm de espesor de sedimentos pelágicos cubren la última turbidita. Si se considera que la acumulación de sedimentos pelágicos en el Caribe es muy uniforme, se puede estimar que ninguna corriente de turbidez ha alcanzado este área durante los últimos 20.000 años, o sea, desde algún tiempo en la parte superior del Wisconsin o Último Glacial. En estos núcleos (V8-7, V8-8 y V8-10), la proporción de turbiditas es menor que en otros localizados en el plano abisal, y de éstos, los que aparecen sobre el propio plano abisal contienen un 20 por ciento de turbiditas. Sus secuencias pelágicas son de mayor espesor y están más espaciadas que las de los núcleos más al NE, por lo que uno se puede imaginar que la

frecuencia de las corrientes de turbidez sobre este lugar fue algo menor que en el brazo norte del plano abisal.

Sobre el Plano Abisal de Venezuela, el núcleo V12-110 contiene una capa pelágica de 30 cm de espesor, sobre la turbidita tope. Todas las turbiditas de este núcleo son muy finas, con excepción de la basal; y todas están separadas por capas pelágicas gruesas. Sólo el 11 por ciento del total está compuesto por turbiditas limosas o arenosas. La frecuencia de turbiditas en este área parece comparable a la del brazo norte del Plano Abisal de Colombia, pero los depósitos en el Plano Abisal de Venezuela presentan espesores mucho menores.

Los dos núcleos de cañones submarinos V12-112 y V12-118, y el núcleo V12-119 contienen turbiditas en el tope sin depósito pelágico suprayacente, lo que constituye una evidencia amplia de corrientes de turbidez recientes en el área de estudio. El núcleo RC7-21, tomado del plano abisal, a una distancia de 350 kms de la desembocadura del Magdalena, indica haber recibido depósitos de corrientes de turbidez dentro de los 1.000 ó 2.000 años pasados. Además, se tiene amplia evidencia de la acción de corrientes de turbidez recientes en los cañones submarinos del Cono del Magdalena por las abundantes indicaciones de rotura de cables. Sin embargo, estas corrientes recientes, aparentemente, no fluyen lo suficientemente lejos para llegar a los sitios de localización de núcleos del plano abisal, con la excepción del núcleo RC7-21.

Desafortunadamente y a estas alturas de la investigación, la cantidad de núcleos y cobertura de área de

los mismos, tomados en la cuenca oceánica de Colombia, ofrecen una desventaja seria, debido a que no cubren áreas importantes para correlación entre la boca del río Magdalena y el plano abisal. Según información personal del doctor Bruce C. Heezen, esta desventaja es más que todo impuesta por las condiciones adversas de tiempo y mareas en esas regiones del mar Caribe.

El "Canal del Dique" que va desde Calamar hasta el sudoeste de Cartagena, en la costa, es considerado por algunos como un antiguo curso del río Magdalena. De ser esto cierto, cono y delta anteriores al Magdalena pueden ser encontrados en la margen continental de Colombia, región de Cartagena. Y, ciertamente, la topografía submarina de esta región se asemeja a la de Barranquilla y ambas, en contraste, son marcadamente diferentes del relieve del margen continental al este de Santa Marta. Se concibe que sedimentos transportados desde un cono cerca de Cartagena alcanzarían fácilmente los sitios occidentales y nororientales del Plano Abisal de Colombia, donde se han sacado núcleos. Por el contrario, se esperaría que las corrientes de turbidez originadas en la desembocadura actual del río Magdalena se desviasen hacia el Este y fluyesen en dirección del Plano Abisal de Venezuela, probablemente bajo la influencia de la **aceleración Coriolis**, mientras que las corrientes originadas en la región de Cartagena podrían llegar hasta zonas del norte y al oeste del Plano Abisal de Colombia.

Las turbiditas de la parte más oeste en el Plano Abisal de Colombia, probablemente no provienen todas de corrientes de turbidez originadas en el Magdalena. Una serie de roturas

de cables también ha ocurrido en un cañón del río Sixola, de Costa Rica. Árboles y ramas enredadas con el cable roto fueron sacados, en una oportunidad, de 1.830 metros de profundidad (Heezen, comunicación personal). Este río no suele tener boca y sólo en sus períodos de crecida rompe la barra litoral para así alcanzar el mar abierto.

## V. SUMARIO

Las turbiditas tienen capas arenosas o limosas, con estratificación gradada o sin ella, colores grisáceos, restos de plantas, contactos basales muy marcados; su distribución granulométrica muestra un escogimiento relativamente bueno, asimetría hacia lo fino (**skewness** positiva), curvas de frecuencia muy puntiagudas (**leptokurtic**), y están restringidas a áreas cuyo relieve es accesible por las corrientes de turbidez. Existen turbiditas en el tope de los núcleos V12-112, V12-118 y V12-119 que indican que recientemente corrientes de turbidez han pasado por los cañones submarinos hasta el plano de la Cuenca de Colombia. Los tres metros aproximados de depósitos pelágicos que yacen sobre la turbidita tope en el brazo norte del Plano Abisal de Colombia evidencian que durante los 10.000 años pasados, aproximadamente, ninguna corriente de turbidez ha llegado a ese área noreste del plano abisal y sólo algunas turbiditas han alcanzado esa región durante un período mayor de tiempo (desde el Wisconsin o Würm europeo).

BIBLIOGRAFIA

- BOUMA, A. H., 1962, **Sedimentology of Some Flysch Deposits, a graphic approach to facies interpretation**. Amsterdam-New York, Elsevier Publishing Co., 168 p.
- CLOUD, Jr., P. E., 1955, "Physical limits of glauconite formation". **Bull. A. A. P. G.**, vol. 39, N° 4, pp. 484-492.
- ELMENDORF, C. H., y HEEZEN, B. C., 1957, "Oceanographic information for engineering submarine cable systems". **The Bell System Tech. Jour.**, v. 36, N° 5.
- EMILIANI, C., 1955, "Pleistocene temperatures". **Jour. Geology**, v. 63, pp. 538-578.
- EMILIANI, C., 1958, "Paleotemperature analyses of core 180 and Pleistocene correlations". **Jour. Geology**, vol. 66, pp. 201-214.
- ERICSON, D. B., 1953, **Sediments of the Atlantic Ocean**. Columbia Univ., Lamont Geol. Obs. Tech. Rept. on Submarine Geology, N° 1, 34 p.
- ERICSON, D. B., y WOLLIN, G., 1956, "Correlation of six cores from the equatorial Atlantic and the Caribbean". **Deepsea Research**, v. 3, pp. 104-125.
- ERICSON, D. B.; EWING, M., y HEEZEN, B. C., 1951, "Deep-sea sands and submarine canyons". **G. S. A. Bull.**, v. 62, pp. 961-966.
- ERICSON, D. B.; EWING, M.; WOLLIN, G., y HEEZEN, B. C., 1961, "Atlantic deep-sea sediment cores". **G. S. A. Bull.**, v. 72, pp. 193-286.
- FOLK, R. L., y WARD, W. C., 1957, "Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters". **Jour. Sed. Petrology**, v. 27, N° 1, pp. 3-26.
- FOLK, R. L., 1961, **Petrology of Sedimentary Rocks**. Austin, Texas, Hemphill's, 154 p.
- FRIEDMAN, G. M., 1961, "Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics". **Jour. Sed. Petrology**, vol. 31, p. 514-529.
- FRIEDMAN, G. M., 1962, "On sorting, sorting coefficients, and lognormality of the grain size distribution of sandstones". **Jour. of Geology**, vol. 70, N° 6, pp. 737-753.
- GUILCHER, A., 1957, **Morfología Litoral y Submarina**. Ediciones Omega, Barcelona, España, 264 p.
- HEEZEN, B. C., 1954, "Methods of exploring the ocean floor: a discussion". **Oceanographic Instrumentation**, National Academy of Sciences, National Research Council Publication N° 309, p. 200-205.
- HEEZEN, B. C., 1955, "Turbidity currents from the Magdalena River, Colombia". **G. S. A. Bull.**, vol. 66, p. 1.572.
- HEEZEN, B. C., 1956, "Corrientes de Turbidez del río Magdalena". **Bol. Soc. Geogr. de Colombia**, Nos. 51 y 52, pp. 135-143.
- HEEZEN, B. C., 1959, "Modern Turbidity currents". **Ecológ. Geol. Helv.**, v. 51, N° 3, pp. 521-522.
- HEEZEN, B. C. 1959, "Dynamic of abyssal sedimentation: erosion, transportation, and redeposition on the deepsea floor". **Geophys. Jour. Roy Astronom. Soc.**, v. 2, pp. 142-163.
- HEEZEN, B. C., 1960, "The relationship between paleotemperatures and calcium carbonate content in a deep-sea core: a discussion". **Jour. of Geology**, v. 68, N° 3, p. 345.
- HEEZEN, B. C., 1961, "Primary structures of deep-sea sediments". En Th. Sorgenfrei (Editor), **Repts. Intern. Geol. Congr.**, 21st session in collaboration with the Intern. Assoc. Sedimento).
- HEEZEN, B. C., y HOLLISTER, C. D., 1964, "Deep-sea current evidence from abyssal sediments". **Marine Geology**, vol. 1, pp. 141-174.
- HJULSTROM, F., 1939, "Transportation of detritus by moving waters". En P. D. Trask (Editor), **Recent Marine Sediments**, Soc. Econ. Paleontol. Mineralogists, Spec. Publ. 4; Tulsa, Oklahoma, U. S. A., pp. 5-31.
- INMAN, D. L., 1952, "Measures for describing the size distribution of sediments". **Jour. Sed. Petrology**, v. 22, pp. 125-145.
- KRUMBEIN, W. C., y PETTIJOHN, F. J., 1938, **Manual of Sedimentary Petrography**. New York, D. Appleton-Century Co., Inc., 549 pp.

- KUENEN, Ph. H., 1950, **Marine Geology**: New York-London, John Wiley and Sons, Inc., 568 pp.
- KUENEN, Ph. H., 1952, "Estimated size of the Grand Banks Turbidity Current". **Am. Jour. Sci.**, v. 250, pp. 874-884.
- KUENEN, Ph. H., y MENARD, H. W., 1952, "Turbidity currents, graded and non-graded deposits". **Jour. Sed. Petrology**, v. 22, N° 2, pp. 83-96.
- KUENEN, Ph. H., 1953, "Significant features of graded bedding". **Bull. A. A. P. G.**, v. 37, pp.1.044-1.066.
- LUSKIN, B.; HEEZEN, B. C., EWING, M., y LANDISMAN, M., 1954, "Precision measurement of ocean depth". **Deep-Sea Research**, vol. 1, pp. 131-140.
- MIDDLETON, G. V., 1962, "On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain size distribution of sandstones". A discussion, **Jour. of Geology**, v. 70, N° 6, pp. 754-756.
- MORGAN, J. P.; COLEMAN, J. M., y GAGLIANO, S. H., **Mudlumps at the mouth of Scush Pass, Mississippi River; sedimentology, paleontology, structure origin, and relation to deltaic processes**. Louisiana State University Studies, Coastal Studies Series Number Ten, 190 pp.
- PETTIJOHN, F. J., 1957, **Sedimentary Rocks**: 2nd. Ed., New York, Harper and Bros., 718 pp.
- REVELLE, R. R., 1944, **Marine bottom samples collected in the Pacific Ocean by the Carnegie on its Seventh Cruise**. Carnegie Inst. Wash., Publ. 556, part I, 180 pp.
- RIEDEL, W. R., 1957, "Radiolaria, a preliminary stratigraphy". **Rept. of Swedish Dep-sea Exped.**, v. 6, pp. 59-96.
- ROBIN, M., y SUESS, H. E., 1955, "U. S. Geol. Survey radiocarbon dates". En **Science**, v. 121, pp. 481-488.
- SHARP, W. E., y FAN, P. F., 1963, "A sorting index". **Jour. of Geology**, v. 71, N° 1, pp. 76-84.
- SUESS, H. E. 1956, "Absolute chronology of the last glaciation". **Science**, vol. 123, pp. 355-357.
- TRASK, P. D. 1932, **Origin and environment of source sediments of petroleum**. Gulf Publishing Co., Houston, Texas, 67 pp.
- TUREKIAN, K. K., 1956, "Rapid technique for determination of carbonate content of deep-sea cores". **Bull. A. A. P. G.** vol. 40, pp. 2.507-2.509.
- WISEMAN, J. D. H., 1959, "The relationship between paleotemperatures and carbonate content in a deep-sea core: a discussion". **Jour. of Geology**, vol. 67, pp. 572-573.
- YALKOVSKY, R., 1957, "The relationship between paleotemperature and carbonate content in a deep-sea core". **Jour. of Geology**, vol. 65, pp. 480-496.

APENDICE I

LISTA DE NUCLEOS ESTUDIADOS

Núcleo N°	Posición	Ambiente	Profundidad
V8-11	14°46.0'N-78°10.0'W	Eupelágico	1.875 (m)
V8-13	17°36.0'N-76°43.0'W	Eupelágico	1.335
V8-14	16°19.0'N-76°16.0'W	Eupelágico	2.450
V8-17	19°14.0'N-81°24.0'W	Eupelágico	1.115
V8-18	19°11.0'N-81°21.0'W	Eupelágico	1.940
V15-5	15°51.0'N-75°11.0'W	Eupelágico	3.120
V19-12	14°10.0'N-68°40.0'W	Eupelágico	4.744
V12-122	17°00.0'N-74°24.0'W	Eupelágico	2.792
RC8-110	14°40.0'N-70°54.0'W	Eupelágico	3.548
RC8-111	14°42.0'N-70°52.0'W	Eupelágico	3.775
A172-1	17°40.0'N-73°28.0'W	Eupelágico	4.151
A172-2	16°12.0'N-72°19.0'W	Eupelágico	3.072
A172-3	15°56.0'N-72°02.0'W	Eupelágico	3.340
A172-4	14°39.0'N-70°49.0'W	Eupelágico	3.841
A172-5	13°20.0'N-69°51.0'W	Eupelágico	3.146
A172-6	14°59.0'N-68°51.0'W	Eupelágico	4.160
A179-2	13°50.5'N-72°26.0'W	Eupelágico	4.023
A179-4	16°26.0'N-74°48.0'W	Eupelágico	2.903
RE7-3	14°26.0'N-69°22.0'W	Eupelágico	4.481
V15-8	10°11.0'N-78°30.0'W	Eupelágico	1.798
V12-114	12°09.3'N-75°04.4'W	Hemipelágico	3.601
V12-115	12°22.1'N-75°13.2'W	con turbiditas	3.691
V15-7	11°30.0'N-75°50.0'W	Hemipelágico	2.871
V12-119	12°26.7'N-74°30.1'W	Terrígeno	3.862
V12-111	11°28.0'N-75°04.1'W	todo turbiditas (¿de cañón?) Hemipelágico sin turbiditas	1.854

Núcleo N°	Posición	Ambiente	Profundidad
V12-112	11°26.0'N-75°05.5'W	Hemipelágico con turbiditas	2.139
RC7-15	12°04.0'N-75°54.0'W	Hemipelágico con turbiditas	3.612
V15-9	09°37.5'N-79°37.5'W	Hemipelágico Turbidita bioclástica	971
V12-118	11°24.5'N-74°54.9'W	Terrígeno con muchas turbiditas	1.430
V12-117	11°12.9'N-74°46.5'W	Terrígeno cerca boca del río	283
V12-113	11°10.6'N-74°51.0'W	Terrígeno cerca boca del río	232
V12-116	11°13.9'N-74°17.9'W	Terrígeno oeste de Santa Marta	358
V8-8	11°17.0'N-79°14.0'W	Plano abisal con turbiditas	3.395
V8-7	12°23.5'N-77°46.0'W	Plano abisal con turbiditas	3.715
V8-10	12°49.0'N-77°20.0'W	Plano abisal con turbiditas	3.795
RC7-16	14°15'N-75°36'W	Plano abisal con turbiditas	
RC7-21	14°11.0'N-76°32.0'W	Plano abisal con turbiditas	3.976
V15-6	14°05'N-75°25'W	Plano abisal con turbiditas	4.075
V12-120	14°21.4'N-74°54.0'W	Plano abisal con turbiditas	4.121
V12-121	15°18.5'N-74°18.7'W	Plano abisal con turbiditas	4.180
A179-3	15°40.0'N-74°13.0'W	Plano abisal con turbiditas	4.095

APENDICE II

DESCRIPCION GRAFICA GENERAL DE NUCLEOS

Núcleos descritos, y analizados granulométricamente:

V12 - 111	V12 - 118
V12 - 112	V12 - 119
V12 - 113	V12 - 120
V12 - 114	V12 - 121
V12 - 115	V8 - 7
V12 - 116	V8 - 8
V12 - 117	V8 - 10

Los siguientes núcleos sólo han sido descritos gráficamente (ver Fig. 2ª), pero no fueron analizados granulométricamente:

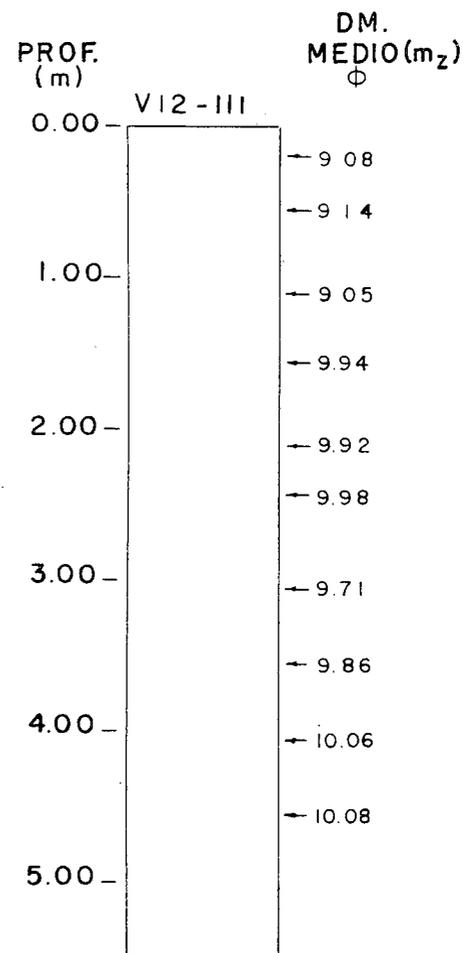
- A179 - 3 - Del plano abisal - Con turbiditas.
- RC7 - 15 - Del cono del Magdalena - Con turbiditas.
- RC7 - 16 - Del plano abisal - Con turbiditas.
- RC7 - 21 - Del plano abisal - Con turbiditas.
- V15 - 6 - Del plano abisal - Con turbiditas.

Leyenda:

Espacios en blanco.	Lodo de foraminíferos.
Espacios rellenos (negro)	Turbidita. Depósito de corriente de turbidez, gradado o no.
Líneas continuas.	Laminación fina de material arenoso y limoso grueso.

- Manchas negras irregulares.
- Líneas cortas irregularmente orientadas y manchas blancas como en V12-119.
- Línea de puntos.

- Material de derrumbe.
- Restos de plantas.
- Concentración de fósiles foraminíferos, pterópodos y coccolitos.



BREVE DESCRIPCION

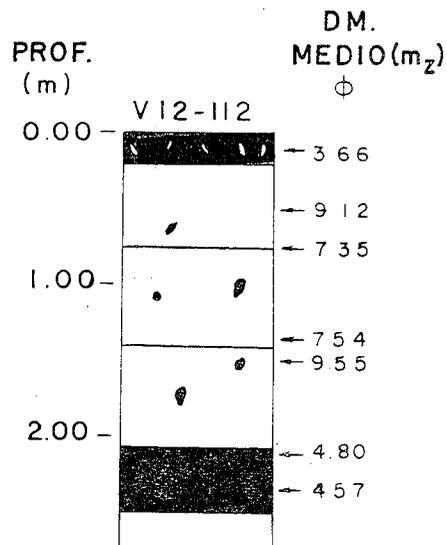
Lodo limoso de colores grisáceos y verdosos. Contiene foraminíferos.

Entre 1,00 m y 2,40 m el material más lúcido forma intervalos menores de 1 cm de espesor de colores más oscuros, semejando laminación.

Desde 2,40 m hasta la base este núcleo es muy homogéneo, formado por un lodo fino de color gris claro.

OBSERVACIONES

La mayor parte de las partículas mayor de 74 micras, a lo largo de todo el núcleo, está compuesta por caparazones de foraminíferos. Muchos de estos foraminíferos se hallan reemplazados por glauconita.



#### BREVE DESCRIPCION

Limo grueso, arenoso, gris oscuro, con muchos restos de plantas.

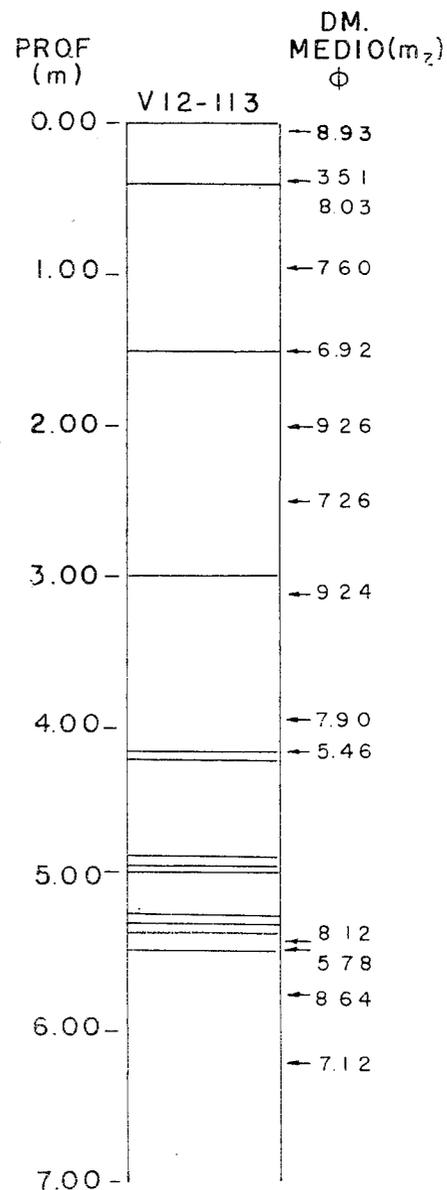
Lodo de color gris claro, arenoso y contiene varios "gránulos" y guijarros pequeños. Se encontraron conchas de moluscos y un briozoario no identificados. Este lodo también contiene foraminíferos.

Limo grueso, arenoso, gris medio, formado por láminas de mica y granos de cuarzo subangular y otros fragmentos de minerales.

#### OBSERVACIONES

El depósito limo-arenoso del tope del núcleo representa una turbidita y está compuesta principalmente por granos angulares de cuarzo y láminas de mica. De 2,15 m a 2,40 m; en la base del núcleo se halla otra turbidita.

Sedimentos de la base y del tope de este núcleo son depósitos de corrientes de turbidez; en cambio, la naturaleza del material de 0,20 m a 2,15 m, sugiere depósito por derrumbes.



#### BREVE DESCRIPCION

Alternancia de capas de lodo, grises osc. con capas de arena muy fina, limosa gris.

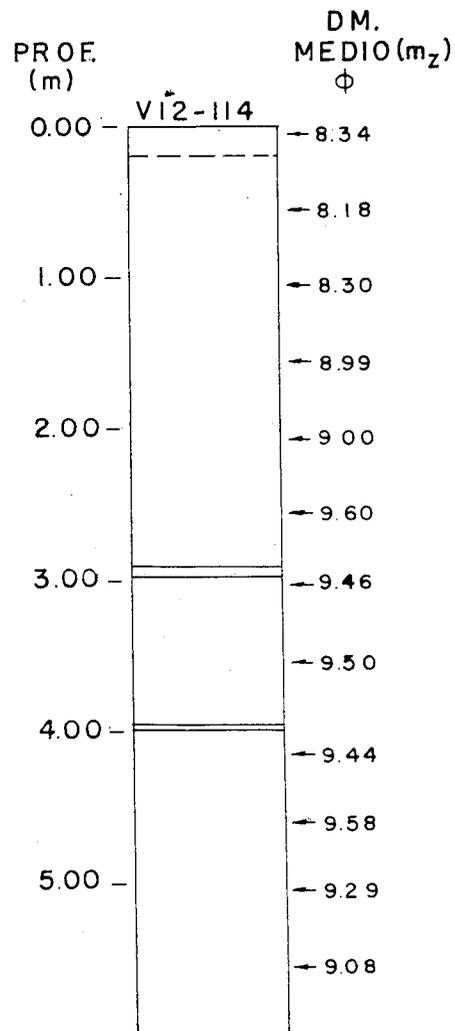
Alternancia de capas gris claro y gris oscuro de lodo limoso y limo, desde 0,43 hasta 5,40 m.

Las líneas continuas del gráfico representan láminas entre 1 y 8 mm de espesor de arena muy fina, limosa, compuesta principalmente por mica y granos subangulares de cuarzo y de otros minerales no identificados. Estas láminas fueron estudiadas directamente sobre el núcleo con un microscopio binocular.

Estratificación fina de capas —de 1 a 3 cm— de limo gris, alternando con láminas finas de arena muy fina, gris oscuro, de 2 a 6 mm de espesor.

#### OBSERVACIONES

Este núcleo fue tomado cerca de la desembocadura del río Magdalena. La alternancia de depósitos finos y gruesos —limosos y arenosos— y cierta gradación de tamaño observada, se considera que sea debido a las fluctuaciones del río y no a corrientes de turbidez.



**BREVE DESCRIPCION**

Lodo de foraminíferos, de color marrón claro. Desde 0,22 hasta 5,76 m se observan depósitos de lodos de foraminíferos con diversas tonalidades de grises. En partes estos lodos son muy limosos.

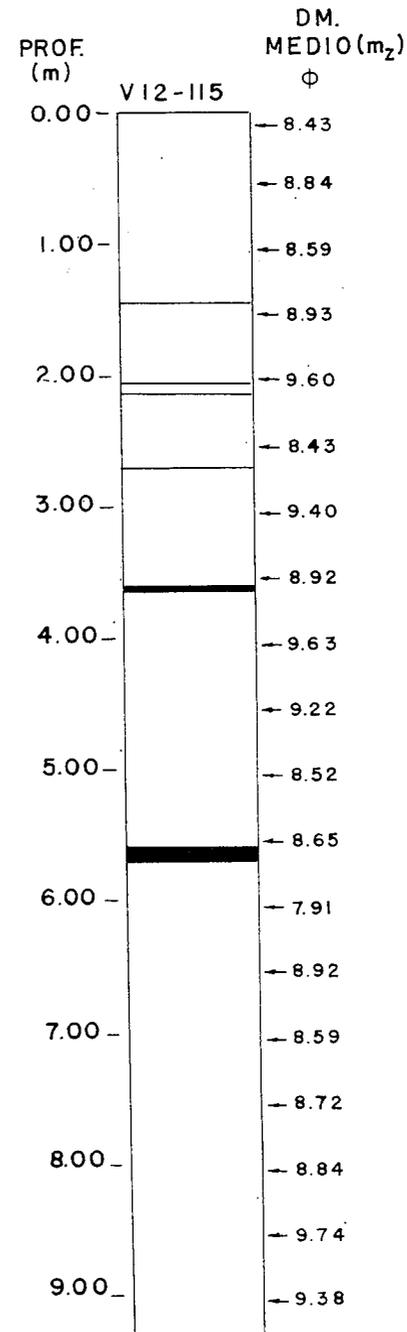
Intercalación de láminas de arena muy fina y limosas.

Intercalación de arena muy fina y limo en láminas.

**OBSERVACIONES**

Se encontraron caparazones de foraminíferos a lo largo de todo el núcleo y muchos de ellos han sido reemplazados por glauconita.

A los niveles 1,98, 2,75 y 4,00 m, se hallan concentraciones de restos de pterópodos y cocolitos en espesores menores de 1 cm.



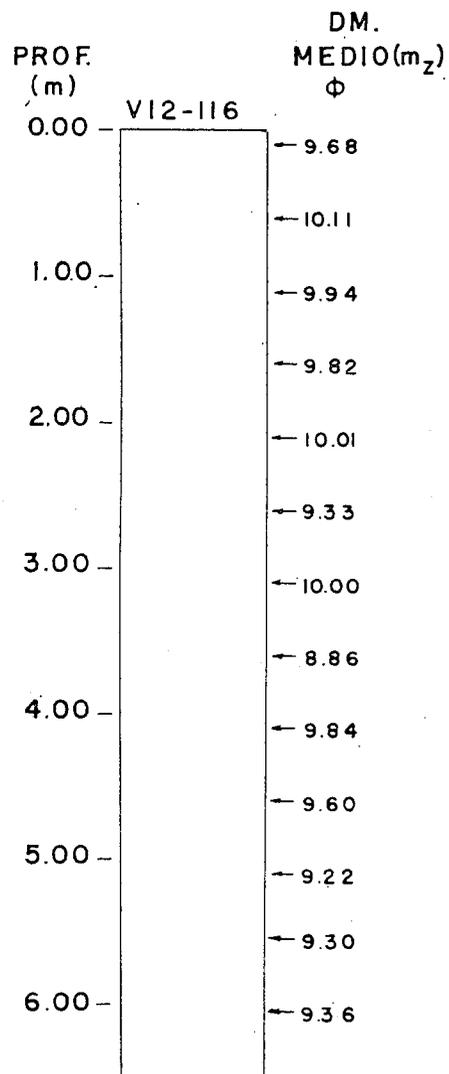
**BREVE DESCRIPCION**

Casi todo el núcleo está compuesto por lodo de foraminíferos con diferentes tonalidades de marrón y gris. De 1,20 a 3,00 m se vuelve más verdoso. Láminas de arena muy fina y limo grueso de colores gris oscuros.

Arena muy fina, limosa. Arena media y arena muy fina con granos de cuarzo subredondeados, mica y fragmentos de otros minerales. También contiene foraminíferos.

**OBSERVACIONES**

Caparazones de foraminíferos reemplazados o rellenos por glauconita fueron observados en todo el núcleo, mayormente desde 3,00 m.

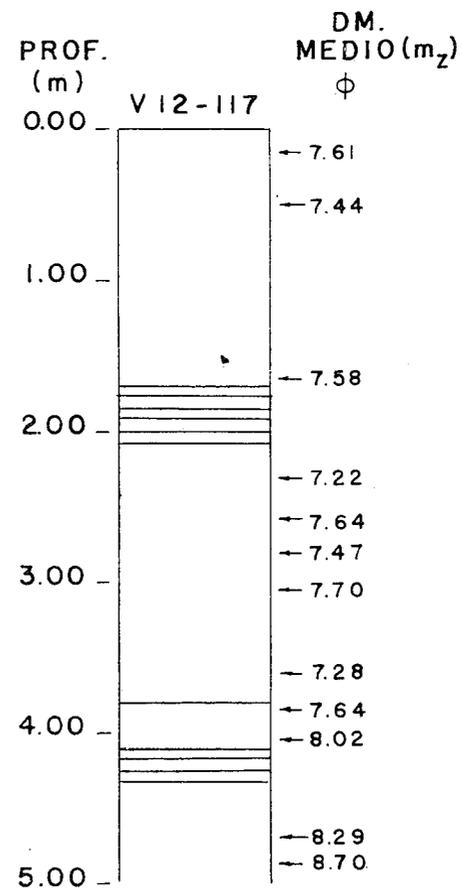


**BREVE DESCRIPCION**

Todo formado por lodo o barro fino terrigeno de colores gris medio y gris oscuro.

**OBSERVACIONES**

Este es un núcleo muy homogéneo compuesto en su totalidad por barro fino de colores grisáceos oscuros. En algunas secciones se observan numerosas líneas más oscuras debido a una mayor concentración de materia orgánica. La descripción de campo —sobre el barco oceanográfico— registra un fuerte olor a H<sub>2</sub>S desde 5,50 hasta 11,50 metros.



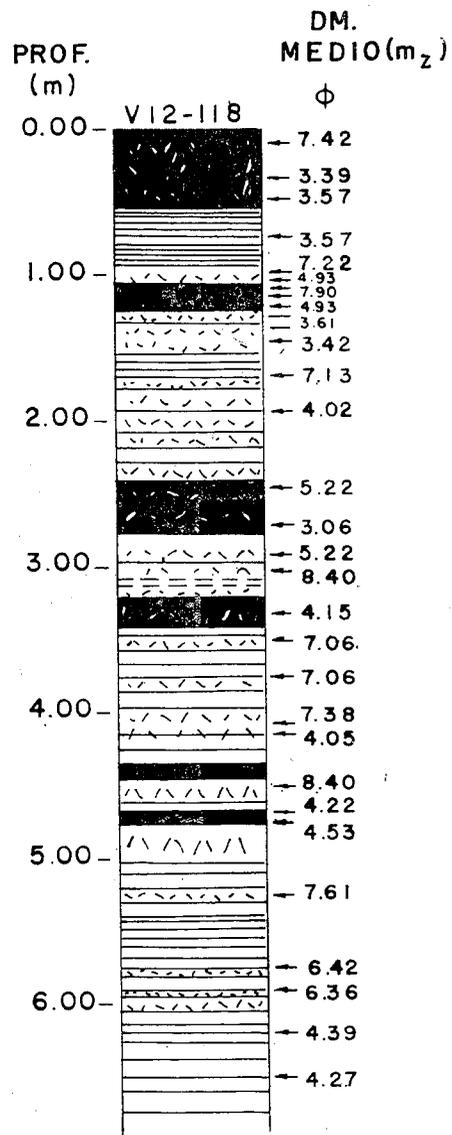
**BREVE DESCRIPCION**

Este núcleo está compuesto por lodo o arcilla fina limosa de colores grises oscuros, con numerosas intercalaciones de arena fina y limo grueso formando una laminación bien marcada por variaciones de tamaño de granos especialmente desde 1,70 a 2,10 m, y desde 4,10 hasta 4,40 m. El espesor del material más grueso varía entre 1 y 5 mm.

Los principales componentes son cuarzo, mica y fragmentos de otros minerales.

**OBSERVACIONES**

La descripción de campo (sobre el barco) de este núcleo registra un fuerte olor a H<sub>2</sub>S.



#### BREVE DESCRIPCION

Este núcleo está compuesto principalmente por una serie alternante de turbiditas sucesivas y arcilla y arcilla fina, limosa. Las turbiditas son formadas por arena muy fina y limo grueso.

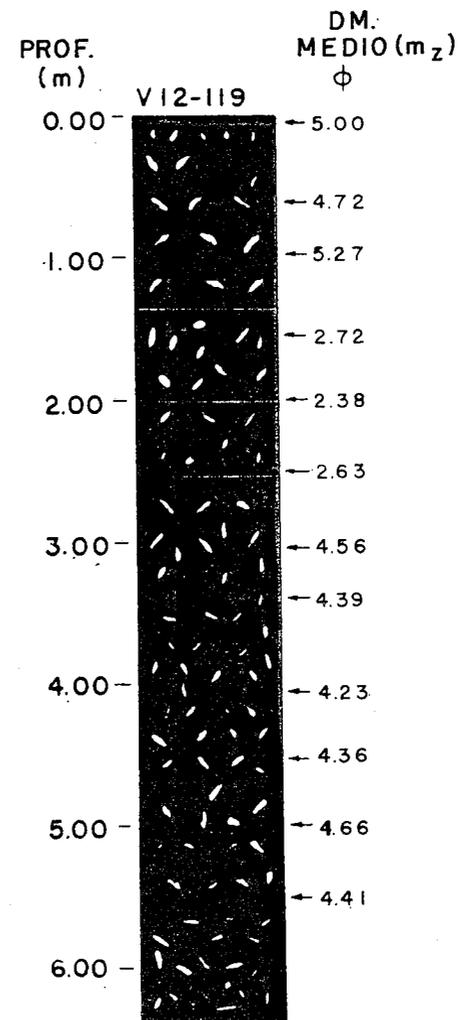
Alto contenido de restos de plantas esparcidos por todo el núcleo y con concentraciones de 1 mm de espesor comúnmente asociados con arena muy fina. Hojas de restos de plantas **dicotiledóneas** fueron identificadas.

El material arenoso está constituido mayormente por granos de cuarzo angular y subangular, laminillas de mica y fragmentos de otros minerales no identificados.

Los colores predominantes son grises oscuros por el contenido de materia orgánica.

#### OBSERVACIONES

Este núcleo fue tomado del fondo de un cañón submarino en el Cono del Magdalena, frente a su desembocadura. Constituye un ejemplo excelente de depósitos de corrientes de turbidez, sucesivas, que fluían al Plano Abisal de Colombia a través de cañones submarinos.



#### BREVE DESCRIPCION

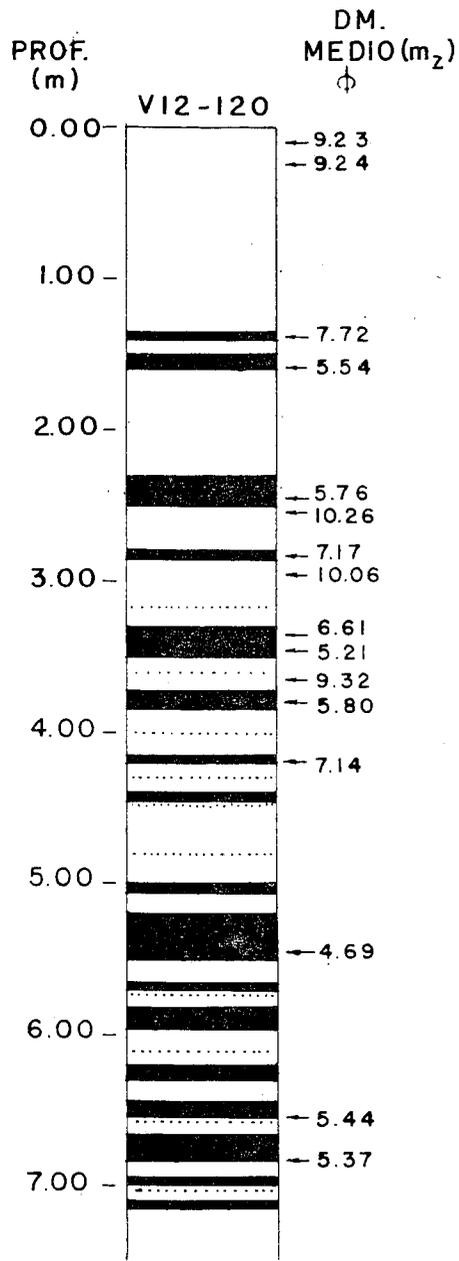
Todo este núcleo está compuesto por material arenoso depositado por corrientes de turbidez. Es posible que varias corrientes de turbidez estén representadas, pero las turbiditas individuales no se distinguen por lo grueso del tamaño de los granos de arena.

Se encontró un alto porcentaje de restos de plantas a lo largo de todo el núcleo, con diversas concentraciones locales a los siguientes niveles: 0,62 m, 0,95 m, 1,30 m, 2,55 m, 3,05 m, 3,20 m, 3,40 m, 4,16 m y 4,52 m. Estas concentraciones suelen ser del orden de 1 mm de espesor. Desde 6,00 hasta 6,25 m hay concentraciones notables de restos de plantas, largos, fragmentos de más de 0,5 cm. Fragmentos de hojas de plantas **dicotiledóneas** fueron identificados.

Abunda el cuarzo angular y subangular. Restos de foraminíferos son raros a lo largo del núcleo. Abundan de 4,08 a 4,15 m.

#### OBSERVACIONES

Este núcleo es todo material depositado por corrientes de turbidez. No se han encontrado capas bien gradadas, más bien homogéneas en el rango de las arenas.



BREVE DESCRIPCION

Lodo de foraminíferos marrón claro.

Limo fino, lutáceo. Turbidita.  
Turbidita disturbada por madrigueras de organismos.

Lodo de foraminíferos color marrón claro.  
Turbidita. Limo grueso, arenoso; homogéneo.  
Lodo de foraminíferos.  
Turbidita. Limo fino y arcilla fina.  
Lodo de foraminíferos.  
Concentración de pterópodos, foraminíferos y cocolitos. Le sigue una gruesa turbidita.  
Concentración de fósiles similar a 3,16 m.  
Turbidita seguida de lodo de foraminíferos.  
Concentración de fósiles.  
Turbidita fina.  
Concentración de fósiles.  
Turbidita bien marcada con concentración de fósiles en su base.  
Lodo de foraminíferos color marrón claro.  
Turbiditas compuestas principalmente por arena muy fina limosa. Mucha mica y cuarzo.

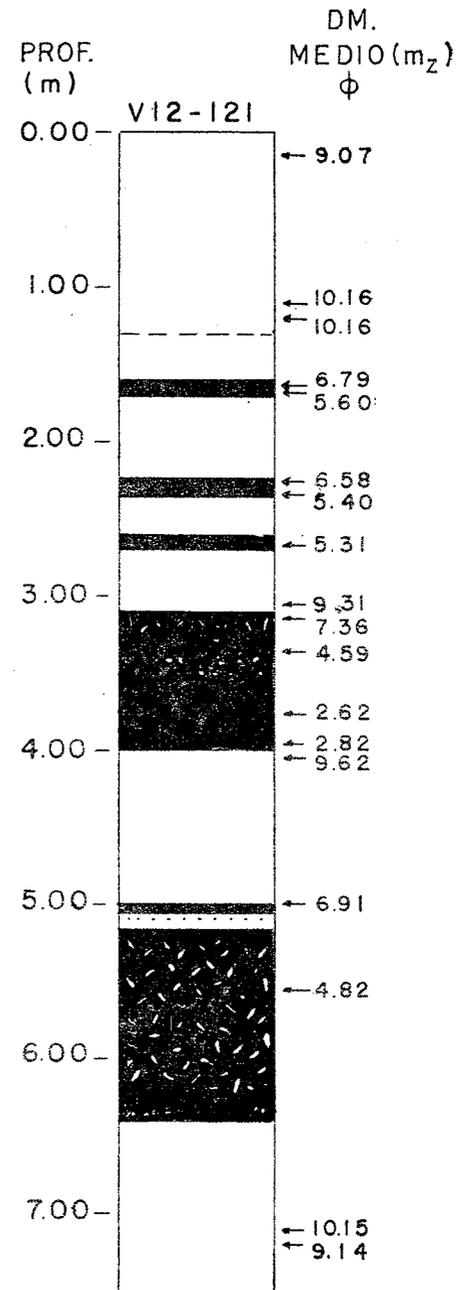
Concentración local de fósiles.  
Turbidita.  
Lodo de foraminíferos.  
Turbidita.  
Turbidita seguida a una concentración local de lodo de pterópodos.  
Intercalaciones de turbiditas y lodos de foraminíferos.

OBSERVACIONES

Los colores predominantes en todo el núcleo son gris oscuro en turbiditas y marrón de diversas tonalidades en los lodos de foraminíferos.

Las turbiditas de este núcleo tienen gradación de tamaños generalmente de limo grueso arcilloso a limo fino arcilloso.

Laminación fina, muy destacada a los 3,40 y 3,75 m. Disturbios por madrigueras de organismos que se alimentan de barro se presentan muy comúnmente en los toques de las turbiditas.



BREVE DESCRIPCION

Diversas tonalidades de color marrón de lodo de foraminíferos.  
Turbidita limosa. Color gris oscuro.  
Lodo de foraminíferos marrón.  
Turbidita limosa fina.  
Lodo de foraminíferos. Colores grisáceos.  
Turbidita.  
Lodo de foraminíferos gris marrón.  
Turbidita gruesa. Secuencia gradada muy conspicua. Laminación fina y laminación cruzada cerca del tope de la turbidita. Varios niveles de concentración de restos de plantas.

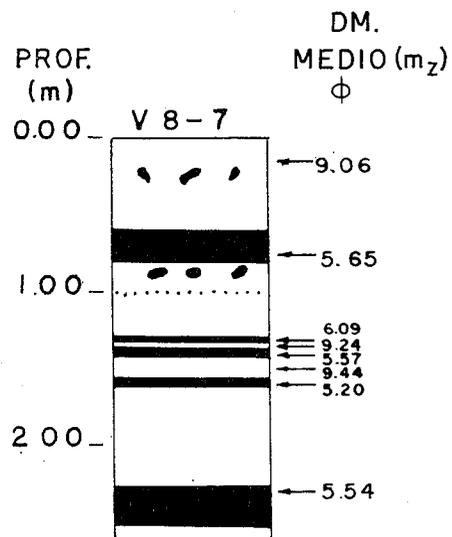
Lodo de foraminíferos de color marrón.

Turbidita gradada y no gradada. Arenosa y limosa. Laminación cruzada (ver foto).  
Turbidita gruesa. Restos de plantas, abundantes generalmente asociados con arena muy fina.  
Concentración de fósiles. Caparzones de foraminíferos.

Lodo de foraminíferos.

OBSERVACIONES

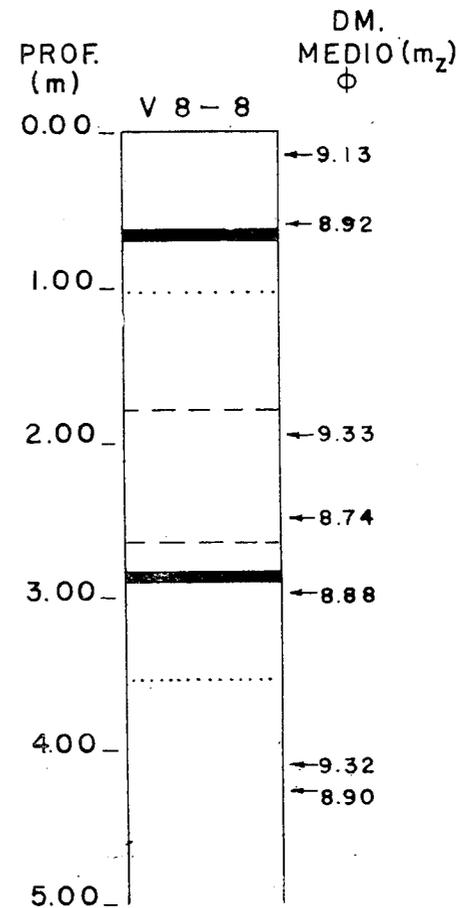
El material de las turbiditas de este núcleo está formado principalmente por granos subredondeados de cuarzo y fragmentos de otros minerales.



#### BREVE DESCRIPCION

Lodo de foraminíferos marrón amarillento. Material heterogéneo —aspecto de depósito de derrumbe a los 0,25 m. Turbidita. Depósito arcillo-limoso. Pequeñas lentes de limo. Pterópodos: *carolinia gibbosa*. Alternancia de limo fino, arcilla grisácea y limo grueso, arenoso, homogéneo.

Lodo de color gris oscuro y verdoso muy moteado. Turbidita compuesta por limo grueso arenoso.



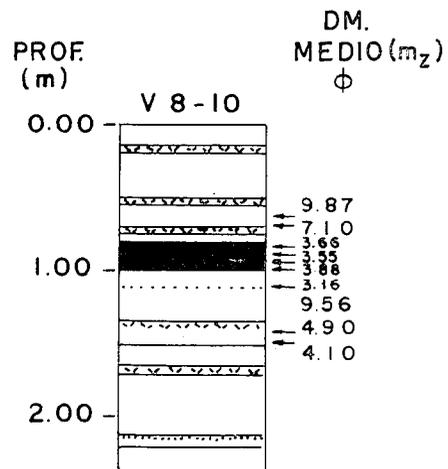
#### BREVE DESCRIPCION

Lodo de foraminíferos, marrón amarillento. Turbidita. Limosa. Gris oscuro. Alternancia de zonas de marrón claro y marrón oscuro de lodo de foraminíferos. Concentración de pterópodos a 1,00 m: *cuvierina columella*, *styliola subula* y *eulioipyramidata*. Material fino arcilloso con foraminíferos. Presencia de madrigueras de organismos.

Turbidita limosa. Zonas alternantes de lodo de foraminíferos de color marrón grisáceo y marrón oscuro.

#### OBSERVACIONES

La línea de trazos interrumpidos indica una posible diferencia de capas por color y por un contacto basal muy distinguido.



BREVE DESCRIPCION

Lodo de foraminíferos marrón amarillento. Abundancia de foraminíferos de tamaño de limo grueso, y de arena muy fina. Abundancia de restos de plantas (ver foto), de 0,70 a 0,75 m. Turbidita con arena muy fina, limosa. Intercalación de lodo de foraminíferos y turbidita de limo fino, arenoso.

Lodo de foraminíferos. Foraminíferos y concentración de restos de plantas con arena muy fina.

OBSERVACIONES

Este núcleo presenta abundancia de restos de plantas en toda su longitud, pero especialmente concentrados de 0,15 a 0,50 y a 0,75 m. En este último intervalo se ha tomado una fotografía que puede ser observada en el Apéndice fotográfico del informe.

APENDICE III

TABLAS DE PARAMETROS GRANULOMETRICOS

( 1 al 14 )

TABLAS DE PORCENTAJES DE ARENA-LIMO-ARCILLA

( 15 al 28 )

TABLA N° 1

Núcleo V12-111

Profundidad	Mediana (φ)	Diámetro medio (φ)	Escogimiento (φ)	Asimetría	Agudeza
.10 m.	8.720	+9.0866	+2.7868	+ .1540	7809
.60 m.	8.840	+9.1400	+2.7770	+ .1271	.7895
1.10 m.	8.820	+9.0533	+2.8195	+ .1162	.8196
1.60 m.	9.880	+9.9400	+2.5359	— .0150	+ .8134
2.10 m.	9.700	+9.9200	+2.4950	+ .0536	+ .8725
2.43 m.	10.000	+9.9800	+2.5962	— .0612	+ .8341
3.05 m.	9.580	+9.7133	+2.6887	+ .0093	+ .8355
3.55 m.	9.800	+9.8600	+2.5213	+ .0202	+ .7841
4.05 m.	9.820	10.060	+2.3166	+ .1089	+ .7797
4.55 m.	10.080	10.080	+2.5560	— .0577	+ .8495

TABLA N° 2

Núcleo V12-112

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.10 m.	3.340	+3.6600	+1.6545	+ .4809	+2.1163
.48 m.	8.960	+9.1266	+3.1053	— .0108	+ .9037
.75 m.	8.680	+7.3533	+4.9283	— .3370	+ .6411
1.35 m.	7.920	+7.5466	+4.0351	— .0780	+ .6120
1.50 m.	9.580	+9.5533	+3.0321	— .1077	+ .9738
2.12 m.	2.420	+4.8066	+4.2024	+ .7476	+ .6734
2.16 m.	2.440	+4.5733	+3.9027	+ .7576	+ .7860
2.35 m.	2.240	+4.7600	+4.2224	+ .7819	+ .6771

TABLA N° 3

Núcleo V12-113

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.05 m.	8.429	+8.9333	+2.6198	+ .2709	+ .7704
.39 m.	2.960	+3.5133	+1.8786	+ .5893	+1.9180
.45 m.	7.280	+8.0333	+2.7007	+ .3989	+ .9428
.98 m.	7.500	+7.6000	+3.5392	+ .0931	+ .7258
1.55 m.	6.420	+6.9200	+3.3862	+ .2598	+ .7822
2.00 m.	8.620	+9.2666	+2.2628	+ .3665	+ .9492
2.54 m.	6.960	+7.2600	+3.4953	+ .1730	+ .6808
3.20 m.	8.620	+9.2400	+2.2828	+ .3547	+ .9195
3.90 m.	8.000	+7.9066	+3.5733	+ .0085	+ .7709
4.15 m.	3.960	+5.4666	+2.9203	+ .7796	+ .1117
5.40 m.	7.460	+8.1200	+2.8516	+ .3030	+ .9677
5.43 m.	4.220	+5.7866	+3.1046	+ .7356	+ .9649
5.75 m.	8.280	+8.6400	+3.1730	+ .1009	+ .8577
6.20 m.	6.720	+7.1266	+3.4622	+ .2137	+ .7025

TABLA N° 4

Núcleo V12-114

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.05 m.	8.600	+8.3466	+3.8506	— .0908	+ .7244
.55 m.	8.220	+8.1800	+3.0315	+ .0082	+ .9914
1.05 m.	7.980	+8.3066	+3.3562	+ .1105	+ .7619
1.55 m.	8.720	+8.9933	+2.7716	+ .1326	+ .8005
2.05 m.	8.780	+9.0066	+2.6603	+ .1234	+ .8532
2.55 m.	9.480	+9.6000	+2.6081	+ .0348	+ .8580
3.00 m.	9.680	+9.4600	+3.0643	— .1402	+ .8538
3.55 m.	9.380	+9.5000	+2.6306	+ .0256	+ .9166
4.15 m.	9.460	+9.4400	+2.9395	— .0842	+ .9787
4.60 m.	9.480	+9.5800	+2.5895	+ .0111	+ .9322
5.05 m.	9.120	+9.2933	+2.6642	+ .0847	+ .7960
5.55 m.	9.100	+9.0866	+3.0693	— .0399	+ .8248

TABLA N° 5

Núcleo V12-115

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.10 m.	8.920	+8.4333	+3.8374	— .1888	+ .7701
.55 m.	8.680	+8.8400	+3.3003	— .0198	+ .9264
1.05 m.	8.340	+8.5933	+3.0448	— .1108	+ .7613
1.55 m.	8.760	+8.9333	+3.1924	+ .0030	+ .8379
2.05 m.	9.480	+9.6000	+2.6703	+ .0337	+ .8196
2.55 m.	9.000	+8.4333	+3.6825	— .1622	+ .8102
3.05 m.	9.320	+9.4066	+2.7795	+ .0285	+ .7608
3.55 m.	8.560	+8.9200	+2.8015	+ .1778	+ .7423
4.05 m.	9.540	+9.6333	+2.6742	+ .0241	+ .7737
4.55 m.	9.240	+9.2266	+3.0693	— .0504	+ .8500
5.05 m.	8.500	+8.5200	+3.2692	+ .0295	+ .7241
5.55 m.	8.380	+8.6533	+3.0656	+ .1235	+ .6996
6.05 m.	7.660	+7.9133	+3.5572	+ .0799	+ .7916
6.55 m.	8.720	+8.9266	+2.9756	+ .0780	+ .8000
7.05 m.	8.280	+8.5933	+3.0507	+ .1340	+ .7563
7.55 m.	8.500	+8.7266	+3.0457	+ .0927	+ .7594
8.05 m.	8.880	+8.8400	+3.2512	— .0156	+ .7119
8.55 m.	9.940	+9.7400	+2.7542	— .0960	+ .7595
9.05 m.	9.340	+9.3866	+2.7995	+ .0185	+ .7441

TABLA N° 6

## Núcleo V12-116

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.10 m.	9.320	+ 9.6800	+2.4715	+ .1575	+ .8069
.60 m.	10.180	+10.1133	+2.7378	— .1429	+ .9201
1.10 m.	9.840	+ 9.9400	+2.4562	+ .0334	+ .7658
1.60 m.	9.620	+ 9.8266	+2.5774	+ .0409	+ .8486
2.10 m.	9.920	+10.0133	+2.4069	+ .0322	+ .7767
2.60 m.	8.820	+ 9.3333	+2.4540	+ .2797	+ .7731
3.10 m.	9.920	+10.0000	+2.4421	+ .0239	+ .7916
3.60 m.	8.360	+ 8.8666	+2.6172	+ .2663	+ .8690
4.10 m.	9.600	+ 9.8400	+2.4442	+ .1045	+ .7640
4.60 m.	9.560	+ 9.6066	+2.6022	+ .0494	+ .6686
5.10 m.	8.780	+ 9.2266	+2.6525	+ .1839	+ .8546
5.55 m.	8.980	+ 9.3000	+2.6903	+ .1388	+ .7885
6.05 m.	8.980	+ 9.3600	+2.7189	+ .1316	+ .8578

TABLA N° 7

## Núcleo V12-117

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.15 m.	7.030	+7.6100	+2.0257	+ .3088	+ .9421
.50 m.	6.990	+7.4466	+3.2882	+ .1875	+1.0148
1.65 m.	6.860	+7.5866	+2.9939	+ .3485	+ .8768
2.30 m.	6.280	+7.2200	+3.0171	+ .4449	+ .8882
2.58 m.	6.980	+7.6466	+2.8303	+ .3614	+ .9419
2.80 m.	6.800	+7.4766	+2.7484	+ .3808	+1.1514
3.05 m.	7.000	+7.7000	+2.8613	+ .3637	+ .9059
3.60 m.	6.900	+7.2833	+3.5594	+ .1307	+1.0155
3.85 m.	6.880	+7.6400	+2.7781	+ .3986	+ .9795
4.05 m.	7.500	+8.0266	+2.9759	+ .2455	+ .8709
4.70 m.	7.760	+8.2933	+2.7209	+ .2736	+ .9386
4.87 m.	8.200	+8.7066	+2.9081	+ .2194	+ .7428

TABLA N° 8

## Núcleo V12-118

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.10 m.	6.780	+7.4266	+3.4886	+ .2157	+ .8587
.30 m.	3.420	+3.3933	+1.1221	+ .2662	+2.6466
.50 m.	3.400	+3.5733	+1.9663	+ .4557	+2.5102
.75 m.	6.280	+7.2000	+3.1466	+ .4078	+ .8550
1.00 m.	6.360	+7.2200	+3.1871	+ .3598	+ .8777
1.06 m.	3.700	+4.9733	+2.9925	+ .6693	+1.3503
1.08 m.	7.500	+7.9066	+2.6519	+ .2550	+ .9533
1.11 m.	3.880	+4.2400	+1.6954	+ .4203	+1.5983
1.24 m.	3.560	+3.6133	+2.1487	+ .2982	+2.1276
1.26 m.	4.160	+5.2400	+2.7042	+ .6717	+1.4374
1.30 m.	6.420	+7.3466	+2.9731	+ .4328	+ .9448
1.32 m.	8.000	+8.5866	+2.9133	+ .2528	+ .7772
1.35 m.	4.900	+6.7333	+3.3350	+ .7090	+ .7245
1.40 m.	3.320	+3.4200	+1.3522	+ .3553	+1.7759
1.70 m.	7.180	+7.1333	+1.7701	+ .0768	+1.3329
1.95 m.	3.600	+4.0200	+1.9540	+ .5983	+3.6885
2.75 m.	2.980	+3.0600	+1.4181	+ .4410	+2.2950
2.90 m.	4.520	+5.2200	+2.5037	+ .5333	+1.3711
3.00 m.	8.000	+8.4000	+3.1645	+ .1502	+ .7654
3.28 m.	3.830	+4.1533	+2.6950	+ .3288	+1.9149
3.50 m.	6.040	+7.0600	+3.2837	+ .3980	+ .9365
3.75 m.	6.300	+7.0600	+3.7339	+ .2586	+ .7766
4.08 m.	6.140	+7.3800	+3.0993	+ .5232	+ .8355
4.17 m.	3.880	+4.0533	+1.2654	+ .5113	+2.1989
4.50 m.	7.800	+8.4000	+2.8721	+ .2862	+ .7783
4.68 m.	3.780	+4.2266	+1.8107	+ .6426	+2.0923
4.75 m.	3.800	+4.5333	+2.0424	+ .6490	+1.6264
5.25 m.	6.820	+7.6133	+3.1495	+ .3380	+ .8335
5.76 m.	5.400	+6.4200	+3.5495	+ .3676	+1.0835
5.90 m.	4.980	+6.3666	+3.0763	+ .6068	+1.1354
6.20 m.	3.800	+4.3933	+1.8792	+ .6734	+2.0547
6.50 m.	3.640	+4.2733	+2.0231	+ .6482	+2.1678

TABLA N° 9

Núcleo V12-119

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
0.05 m.	4.040	+5.0066	+2.8277	+ .5797	+1.6475
.62 m.	3.900	+4.7266	+2.4724	+ .6266	+2.0976
.98 m.	4.100	+5.2733	+3.0845	+ .5095	+ .9885
1.55 m.	2.720	+2.7200	+1.1412	+ .0804	+1.1509
2.00 m.	2.380	+2.3866	+1.2556	+ .1051	+1.1603
2.05 m.	4.300	+5.4000	+3.1774	+ .5526	+1.3389
2.55 m.	2.640	+2.6333	+1.8589	+ .2195	+1.7744
3.07 m.	4.300	+4.5666	+2.1727	+ .2539	+2.0240
3.40 m.	3.640	+4.3933	+2.8925	+ .4837	+2.6374
4.08 m.	3.640	+4.2333	+2.1653	+ .4794	+2.7679
4.52 m.	3.700	+4.3666	+1.7657	+ .5970	+2.4309
5.00 m.	4.100	+4.6600	+1.7657	+ .6012	+1.6292
5.55 m.	3.860	+4.4133	+1.9895	+ .6760	+2.4238

TABLA N° 10

Núcleo V12-120

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.10 m.	8.980	+ 9.2333	+2.7736	+ .1048	+ .7839
.25 m.	9.080	+ 9.2400	+3.2833	— .0731	+1.1110
1.36 m.	7.120	+ 7.7266	+2.0189	+ .5215	+1.4504
1.58 m.	5.380	+ 5.5466	+1.7292	+ .4281	+2.3757
2.48 m.	5.220	+ 5.7666	+2.2345	+ .5070	+2.1301
2.50 m.	10.300	+10.2666	+2.5053	— .1009	+ .8994
2.80 m.	6.660	+ 7.1733	+2.1489	+ .4477	+1.8560
2.95 m.	9.940	+10.0666	+2.5992	— .0462	+ .9526
3.35 m.	6.160	+ 6.6133	+1.9142	+ .5319	+1.5515
3.45 m.	4.900	+ 5.2133	+1.6983	+ .5903	+2.3581
3.68 m.	8.800	+ 9.3266	+2.4601	+ .2827	+ .7655
3.80 m.	5.460	+ 5.8066	+1.9345	+ .4803	+1.9042
4.18 m.	6.880	+ 7.1400	+1.5665	+ .4037	+1.6086
5.48 m.	4.580	+ 4.6933	+1.2313	+ .2689	+1.8107
6.55 m.	5.320	+ 5.4466	+1.3559	+ .3388	+1.6207
6.82 m.	5.280	+ 5.3733	+1.3957	+ .3527	+1.8506

TABLA N° 11

Núcleo V12-121

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.15 m.	+ 9.260	+ 9.0733	+3.4036	— .1522	+ .9911
1.10 m.	+10.160	+10.1600	+2.4766	— .0506	+ .8261
1.22 m.	+10.280	+10.1600	+2.5571	— .1140	+ .8813
1.61 m.	+ 6.660	+ 6.7933	+1.6221	+ .3454	+1.8011
1.69 m.	+ 5.500	+ 5.6066	+1.5151	+ .3859	+2.9211
2.33 m.	+ 6.360	+ 6.5866	+1.5136	+ .4167	+1.3741
2.35 m.	+ 4.980	+ 5.4000	+1.7522	+ .4901	+1.7152
2.67 m.	+ 4.860	+ 5.3133	+1.8827	+ .4782	+1.4508
3.08 m.	+ 9.280	+ 9.3133	+3.1062	— .0678	+ .9569
3.11 m.	+ 7.060	+ 7.3666	+1.7033	+ .4458	+1.6441
3.36 m.	+ 4.320	+ 4.5933	+1.9104	+ .5032	+2.7168
3.76 m.	+ 2.560	+ 2.6266	+1.1312	+ .2173	+1.3551
3.96 m.	+ 2.700	+ 2.8200	+1.2781	+ .2639	+1.3125
4.01 m.	+ 9.520	+ 9.6266	+2.7612	— .0112	+ .8979
5.00 m.	+ 6.800	+ 6.9133	+1.3719	+ .3360	+1.7839
5.55 m.	+ 4.500	+ 4.8266	+1.9477	+ .4720	+1.9581
7.10 m.	+10.200	+10.1533	+2.5228	— .0743	+ .8411
7.15 m.	+ 9.240	+ 9.1400	+3.3586	— .1305	+1.0044

TABLA N° 12

Núcleo V8-7

Profundidad	Mediana ( $\phi$ )	Diámetro medio ( $\phi$ )	Escogimiento ( $\phi$ )	Asimetría	Agudeza
.15 m.	+9.020	+9.0600	+3.3427	— .0852	+1.0054
.75 m.	+5.500	+5.6533	+1.9853	+ .2534	+1.8284
1.28 m.	+5.860	+6.0933	+2.3283	+ .2311	+1.1863
1.33 m.	+8.860	+9.2400	+2.7471	+ .1350	+ .8656
1.36 m.	+5.560	+5.5733	+1.9390	+ .1890	+1.3157
1.40 m.	+9.120	+9.4466	+2.5989	+ .1455	+ .8155
1.40 m.	+6.080	+6.3466	+2.2724	+ .2848	+1.2355
1.58 m.	+4.800	+5.2000	+1.7736	+ .4947	+1.6923
1.60 m.	+8.220	+8.6800	+2.6334	+ .2361	+ .9029
2.26 m.	+5.400	+5.5466	+1.5009	+ .3588	+1.8826
2.50 m.	+5.320	+5.3666	+1.2898	+ .2875	+1.7120

TABLA N° 13

Núcleo V8-8

Profundidad	Mediana (φ)	Diámetro medio (φ)	Escogimiento (φ)	Asimetría	Agudeza
.15 m.	+9.120	+9.1333	+3.3721	-.1076	+1.0200
.60 m.	+8.960	+8.2966	+3.4419	-.1018	+ .9291
1.98 m.	+9.600	+9.3333	+3.4181	-.2113	+ .9973
2.50 m.	+8.420	+8.7466	+2.9459	+ .1212	+ .9087
2.90 m.	+8.500	+8.8800	+2.8107	+ .1771	+ .7914
4.10 m.	+8.800	+9.3200	+2.4772	+ .2734	+ .7818
4.26 m.	+8.800	+8.9066	+3.3769	-.0565	+ .9978

TABLA N° 14

Núcleo V8-10

Profundidad	Mediana (φ)	Diámetro medio (φ)	Escogimiento (φ)	Asimetría	Agudeza
.64 m.	+9.860	+9.8733	+2.4348	-.0305	+ .9771
.65 m.	+6.200	+7.1000	+2.7531	+ .4984	+ .9636
.82 m.	+3.520	+3.6600	+1.6198	+ .4646	+3.7266
.88 m.	+3.480	+3.5533	+1.3004	+ .3525	+2.3821
.95 m.	+3.480	+3.8866	+1.9031	+ .5659	+3.7444
.99 m.	+3.220	+3.1600	+1.5401	+ .2595	+2.6932
1.10 m.	+9.980	+9.5666	+3.2051	-.2297	+ .8467
1.39 m.	+4.440	+4.9066	+2.0951	+ .4669	+3.3539
1.50 m.	+4.120	+4.1066	+1.6669	+ .2868	+2.3461

TABLA N° 15

Núcleo V12-111

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.10 m.	.17	41.02	58.81
.60 m.	.74	36.72	62.54
1.05 m.	.99	36.12	62.89
1.60 m.	1.13	24.27	74.60
2.10 m.	1.07	21.09	77.84
2.43 m.	.83	23.85	75.32
3.05 m.	1.36	27.72	70.92
3.55 m.	.75	25.80	73.45
4.05 m.	.28	19.99	79.73
4.55 m.	1.08	21.06	77.86

TABLA N° 16

Núcleo V12-112

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.15 m.	77.81	16.05	6.14
.48 m.	7.47	30.43	62.10
.75 m.	33.41	9.59	57.00
1.35 m.	33.65	17.21	49.14
1.50 m.	6.03	24.18	69.79
2.12 m.	62.08	8.11	29.81
2.16 m.	65.22	10.13	24.65
2.35 m.	65.27	5.85	28.88

TABLA N° 17

Núcleo V12-113

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.10 m.	.06	44.63	55.31
.39 m.	77.12	16.12	6.76
.50 m.	1.09	57.77	41.14
.98 m.	21.97	34.27	43.76
1.55 m.	27.50	37.99	34.51
2.00 m.	.41	31.92	67.67
2.54 m.	31.44	30.99	38.17
3.20 m.	.56	31.93	67.51
3.90 m.	18.42	31.54	50.54
4.15 m.	53.12	26.32	20.56
5.40 m.	4.21	57.16	38.63
5.43 m.	46.02	30.84	23.14
5.75 m.	7.13	40.04	52.83
6.20 m.	32.42	30.28	37.30

TABLA N° 18

Núcleo V12-114

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.05 m.	17.30	28.44	54.26
.50 m.	7.72	39.40	52.88
1.05 m.	7.15	43.01	49.84
1.55 m.	3.69	37.98	58.53
2.05 m.	1.81	37.25	60.94
2.55 m.	1.67	26.95	71.38
3.00 m.	4.70	26.95	68.35
3.55 m.	1.56	27.46	70.98
4.15 m.	5.57	25.96	68.47
4.60 m.	1.38	26.77	71.85
5.05 m.	.55	35.10	64.35
5.55 m.	5.05	32.77	62.18

TABLA N° 19

Núcleo V12-115

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.10 m.	16.03	27.15	56.82
.55 m.	7.61	33.64	58.75
1.05 m.	3.20	42.17	54.63
1.55 m.	4.75	38.18	57.07
2.05 m.	1.79	27.11	71.10
2.55 m.	18.32	22.63	59.05
3.05 m.	2.60	30.34	67.06
3.55 m.	.29	42.47	57.24
4.05 m.	1.30	30.64	68.06
4.55 m.	4.97	31.17	63.86
5.05 m.	4.46	41.29	54.25
5.55 m.	.95	45.57	53.48
6.05 m.	14.42	39.13	46.45
6.55 m.	3.44	36.33	60.23
7.05 m.	2.18	45.04	52.78
7.55 m.	2.39	42.33	55.28
8.05 m.	3.83	38.08	58.09
8.55 m.	.27	27.07	72.66
9.05 m.	1.18	34.22	64.60

TABLA N° 20

Núcleo V12-116

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.10 m.	.27	27.80	71.93
.60 m.	4.29	20.91	74.80
1.10 m.	.10	26.08	73.82
1.60 m.	.20	26.48	73.32
2.10 m.	.13	22.53	77.34
2.60 m.	1.17	33.43	65.40
3.10 m.	.43	23.84	75.73
3.60 m.	.17	43.49	56.34
4.10 m.	.64	27.68	71.68
4.60 m.	1.06	32.31	66.63
5.10 m.	3.66	33.13	63.21
5.55 m.	.15	36.39	63.46
6.05 m.	.36	33.81	65.83

TABLA N° 21

Núcleo V12-117

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.15 m.	4.46	58.87	36.67
.50 m.	14.57	49.48	35.95
1.65 m.	5.69	57.51	36.80
2.30 m.	8.50	59.95	31.85
2.58 m.	2.10	61.01	36.89
2.80 m.	3.24	66.95	29.81
3.05 m.	1.45	61.62	36.93
3.60 m.	16.78	44.90	38.32
3.85 m.	1.11	62.62	36.27
4.05 m.	4.94	52.37	42.69
4.70 m.	.61	54.15	45.24
4.87 m.	1.45	47.48	51.07

TABLA N° 22

Núcleo V12-118

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.10 m.	14.67	47.61	37.72
.35 m.	84.55	10.92	4.53
.50 m.	72.89	17.71	9.40
.75 m.	10.41	57.65	31.94
1.00 m.	10.78	54.37	34.85
1.06 m.	20.66	58.04	21.30
1.08 m.	2.56	53.88	43.56
1.11 m.	55.31	38.86	5.83
1.20 m.	63.64	26.27	10.09
1.26 m.	46.63	36.32	17.05
1.30 m.	7.93	58.31	33.76
1.32 m.	1.75	48.17	50.08
1.35 m.	16.61	51.56	31.83
1.40 m.	77.92	17.83	4.25
1.70 m.	2.28	67.93	29.79
1.95 m.	73.83	16.73	9.44
2.40 m.	48.38	35.07	16.57
2.75 m.	87.54	7.10	5.36
2.90 m.	37.39	47.69	14.92
3.00 m.	5.85	44.70	49.45
3.28 m.	54.30	33.54	12.16
3.50 m.	13.46	52.89	33.65
3.75 m.	21.39	41.04	37.57
4.08 m.	6.67	58.10	35.23
4.16 m.	57.90	34.52	7.58
4.50 m.	2.05	50.48	47.47
4.68 m.	64.01	27.64	8.35
4.75 m.	59.83	30.61	9.56
5.25 m.	8.95	51.46	39.59
5.75 m.	22.50	49.93	27.57
5.90 m.	16.23	58.97	24.80
6.20 m.	61.33	29.05	9.62
6.50 m.	69.57	20.56	9.87

TABLA N° 23

Núcleo V12-119

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.05 m.	49.37	34.74	15.89
.62 m.	54.81	31.37	13.82
.98 m.	48.42	30.86	20.72
1.55 m.	90.99	6.96	2.05
2.00 m.	91.14	7.35	1.51
2.05 m.	43.50	37.54	18.96
2.55 m.	84.76	9.24	6.00
3.07 m.	42.10	49.49	8.41
3.40 m.	65.77	19.98	14.25
4.08 m.	67.69	23.49	8.82
4.52 m.	66.11	21.64	12.25
5.00 m.	45.52	44.45	10.03
5.55 m.	58.55	29.98	11.47

TABLA N° 24

Núcleo V12-120

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.10 m.	2.33	31.02	66.65
.25 m.	8.99	23.59	67.42
1.36 m.	.12	70.30	29.58
1.58 m.	2.35	86.19	11.46
2.48 m.	6.17	78.65	15.18
2.52 m.	2.91	16.08	81.01
2.80 m.	.13	78.66	21.21
2.95 m.	3.70	17.17	79.13
3.35 m.	.62	81.46	17.92
3.45 m.	4.00	83.85	12.15
3.68 m.	.94	35.90	63.16
3.80 m.	4.27	80.95	14.78
4.18 m.	.11	78.29	21.60
5.48 m.	19.73	75.59	4.68
6.55 m.	3.32	88.43	9.25
6.82 m.	3.79	88.85	7.36

TABLA N° 25

Núcleo V12-121

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.15 m.	10.39	25.05	64.56
1.10 m.	1.27	20.48	78.25
1.22 m.	1.91	17.09	81.00
1.61 m.	.92	82.76	16.32
1.69 m.	.43	89.96	9.61
2.33 m.	.46	83.75	15.79
2.35 m.	10.47	78.96	10.57
2.67 m.	17.64	74.22	8.14
3.08 m.	5.59	27.66	66.75
3.11 m.	.04	74.22	25.74
3.36 m.	36.41	53.46	10.13
3.76 m.	91.00	6.35	2.65
3.96 m.	84.00	14.38	1.62
4.01 m.	2.88	24.81	72.31
5.00 m.	.44	84.58	14.98
5.55 m.	32.07	58.13	9.80
7.10 m.	1.24	20.24	78.52
7.15 m.	9.07	25.90	65.03

TABLA N° 26

Núcleo V8-7

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.15 m.	9.52	24.40	66.08
.75 m.	11.88	76.46	11.66
1.28 m.	13.81	68.73	17.46
1.33 m.	2.52	33.45	64.03
1.36 m.	17.38	72.21	10.41
1.40 m.	.31	29.79	69.90
1.58 m.	9.81	68.94	21.25
1.60 m.	16.51	74.18	9.31
1.65 m.	1.73	40.16	58.11
2.26 m.	3.65	88.77	7.58
2.50 m.	4.04	88.64	7.32

TABLA N° 27

Núcleo V8-8

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.15 m.	11.18	23.84	64.97
.60 m.	10.00	29.44	60.56
1.98 m.	10.15	23.71	66.14
2.50 m.	3.44	39.56	57.00
2.90 m.	.55	41.76	57.70
4.10 m.	.41	34.36	65.23
4.26 m.	9.71	28.93	61.36

TABLA N° 28

Núcleo V8-10

Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %
.64 m.	.99	21.47	77.54
.65 m.	2.56	68.83	28.61
.82 m.	77.39	14.37	8.24
.88 m.	78.66	16.40	4.94
.95 m.	80.58	11.36	8.06
.99 m.	85.02	9.03	5.95
1.10 m.	5.47	26.01	68.52
1.39 m.	26.96	58.83	14.21
1.50 m.	45.00	45.09	9.91

APENDICE IV  
FOTOGRAFIAS DE PORCIONES DE NUCLEO  
(1 al 10)



Foto N° 1. Concentración de restos de plantas asociadas con arena muy fina y caparazones de foraminíferos. Núcleo V8-10 a 0,75 m



Foto N° 2. Lodo de foraminíferos debajo de parte de una turbidita que muestra laminación fina y manchas de barro por organismos que se alimentan de barro. Núcleo V12-120 a 1,40 m.

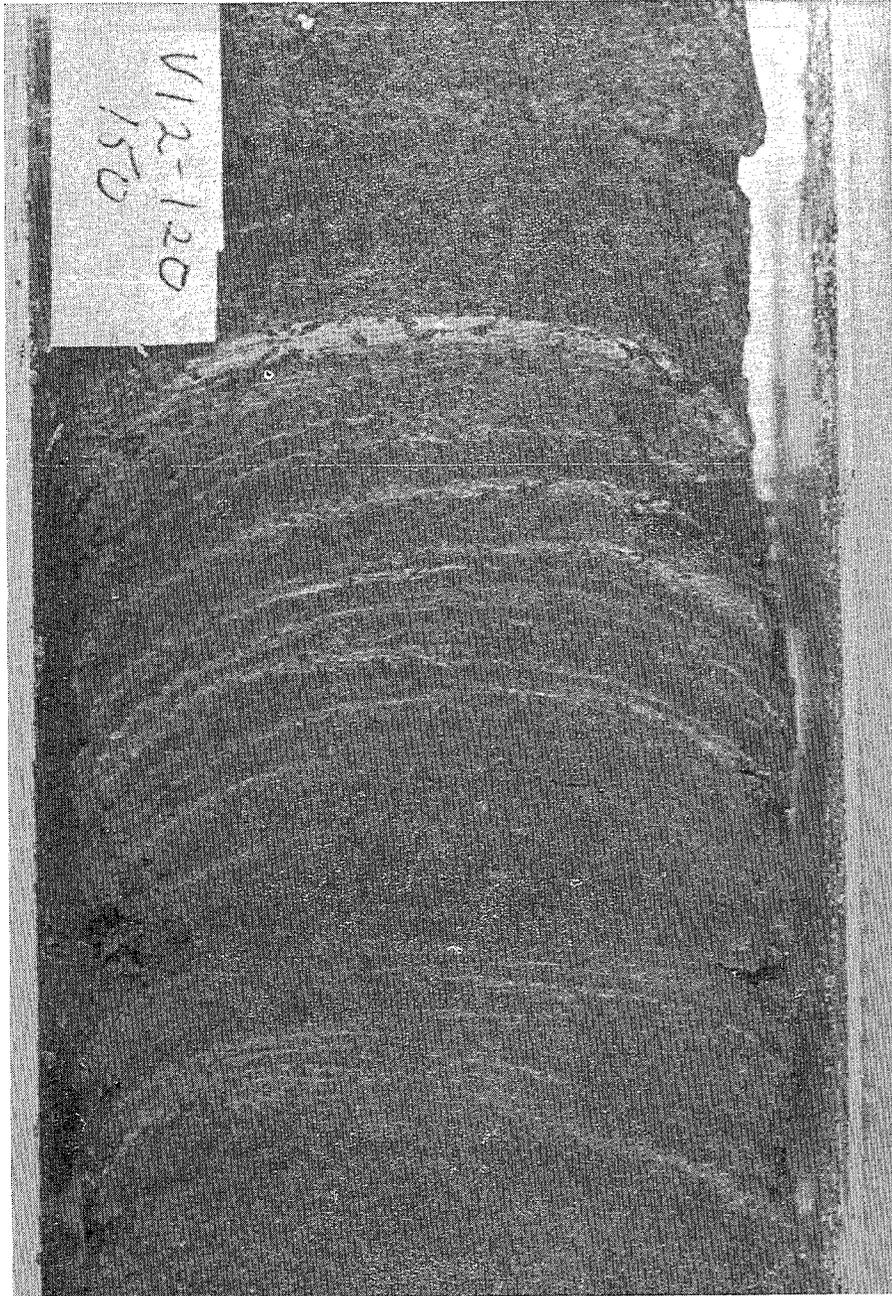


Foto N° 3. Turbidita. Material de limo grueso homogéneo en la base y limo fino en el tope, mostrando laminación fina y manchas de madrigueras. Núcleo V12-120

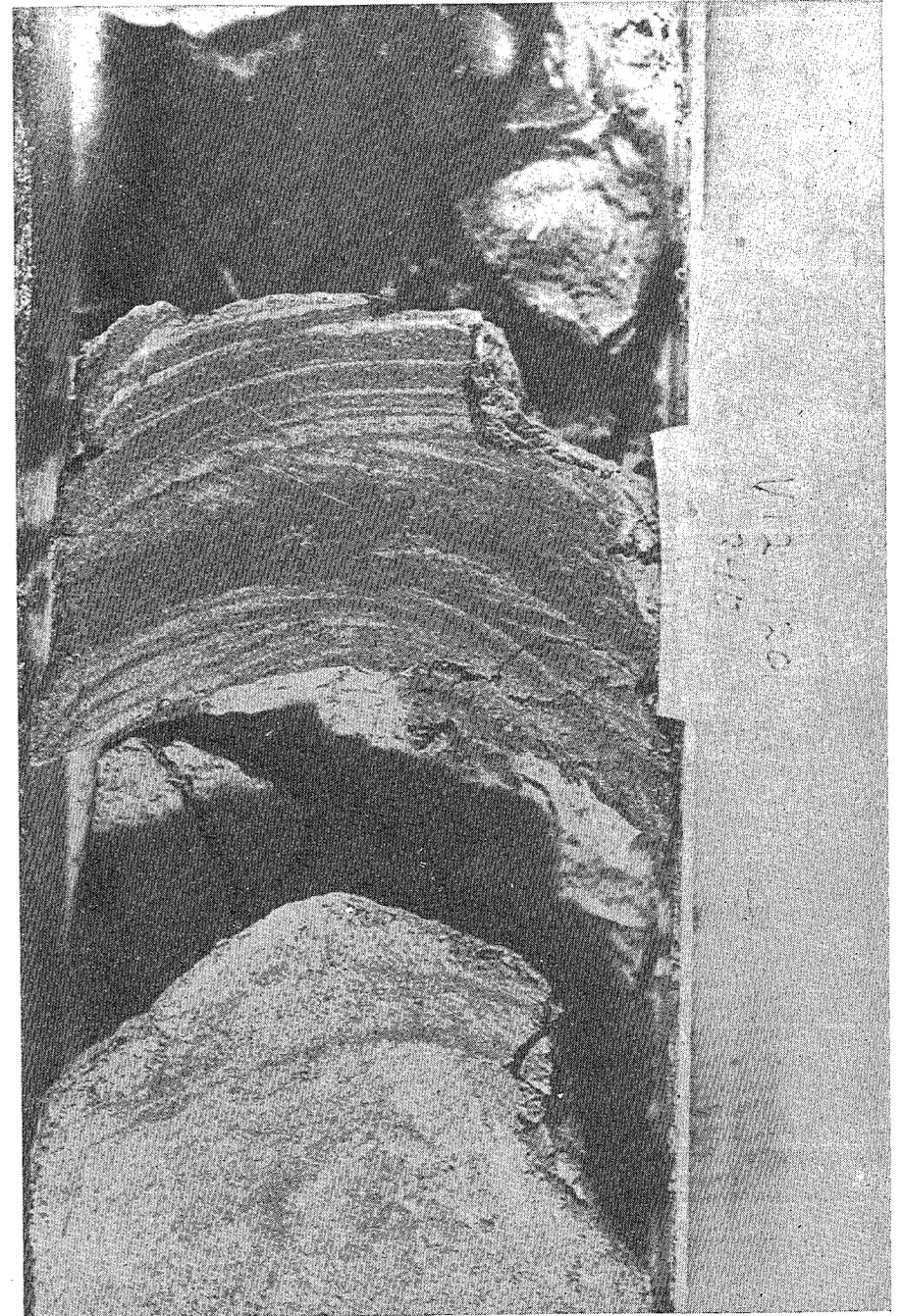


Foto N° 4. Parte superior (?) de una turbidita. Laminación fina y laminación cruzada truncada en la base y en el tope formando una estructura de sandwich. Núcleo V12-120 a 3,40 m

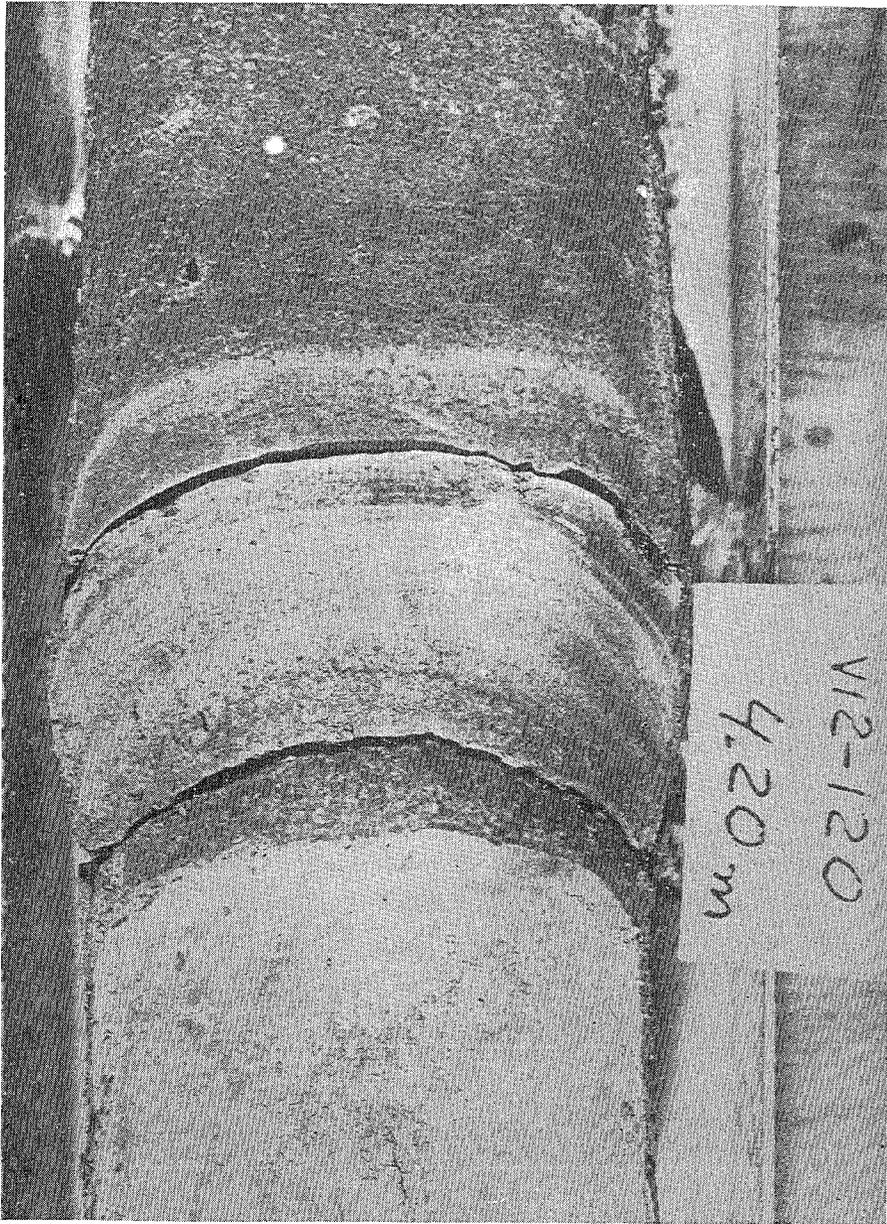


Foto N° 5. Turbidita compuesta por material limoso de color grisáceo en contraste con lodo de foraminíferos de color amarillento crema, en su base, constituyendo un contacto inferior bien marcado. El contacto superior es transicional. Núcleo V12-120 a 4,20 m

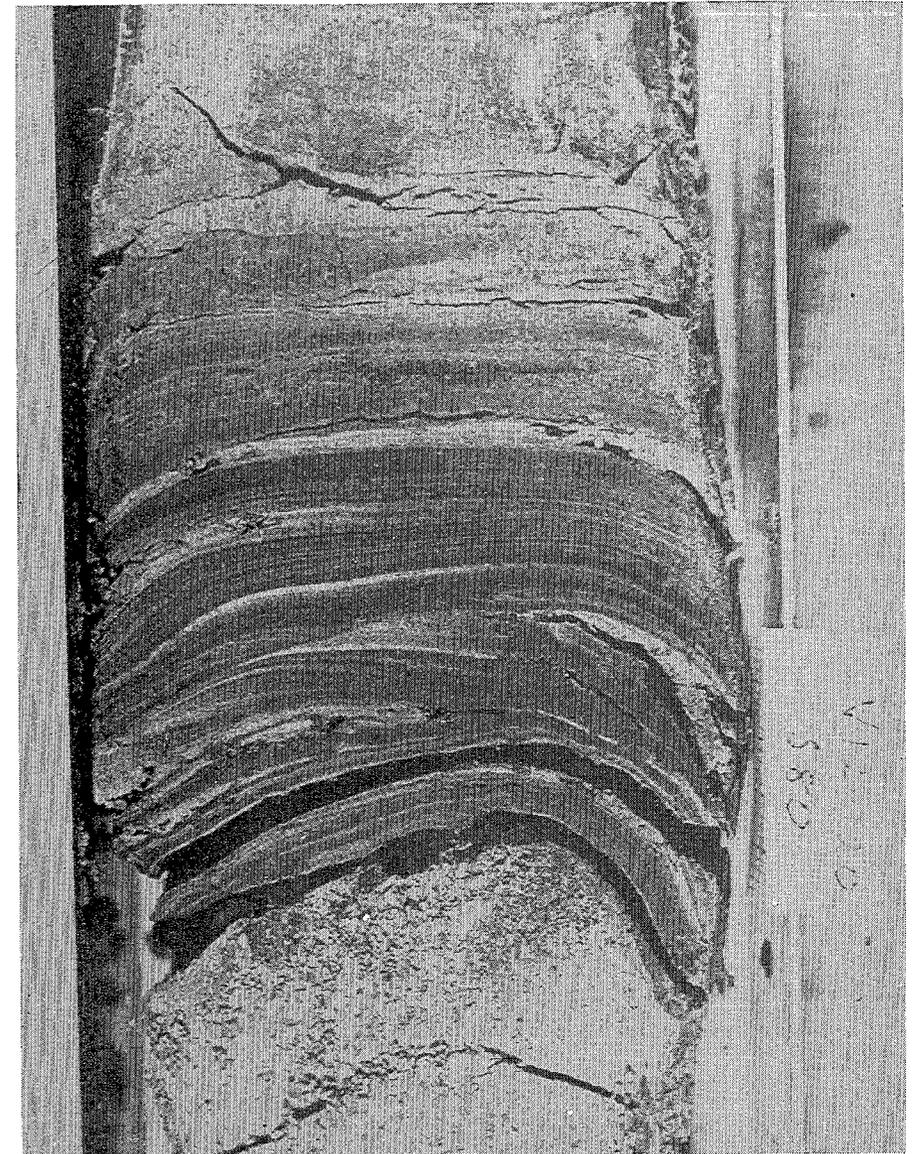


Foto N° 6. Lodo de foraminíferos en la base y turbidita en marcado contacto inferior. La turbidita es gradacional. Presenta laminación fina hacia el tope. Núcleo V12-120 a 5,80 m

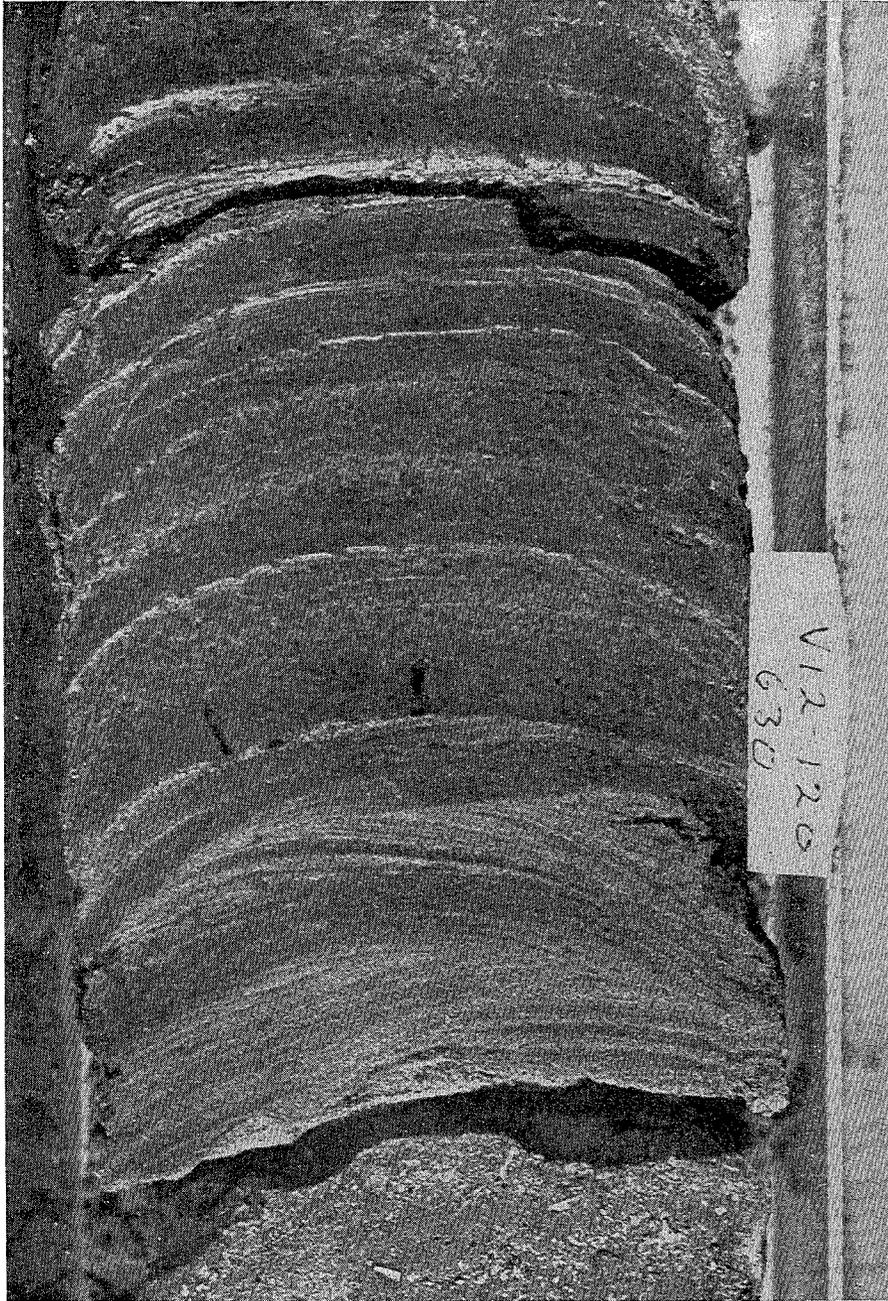


Foto N° 7. Parte de una turbidita mostrando laminación cruzada truncada, laminación fina, huellas de madrigueras y tope gradacional. Núcleo V12-120

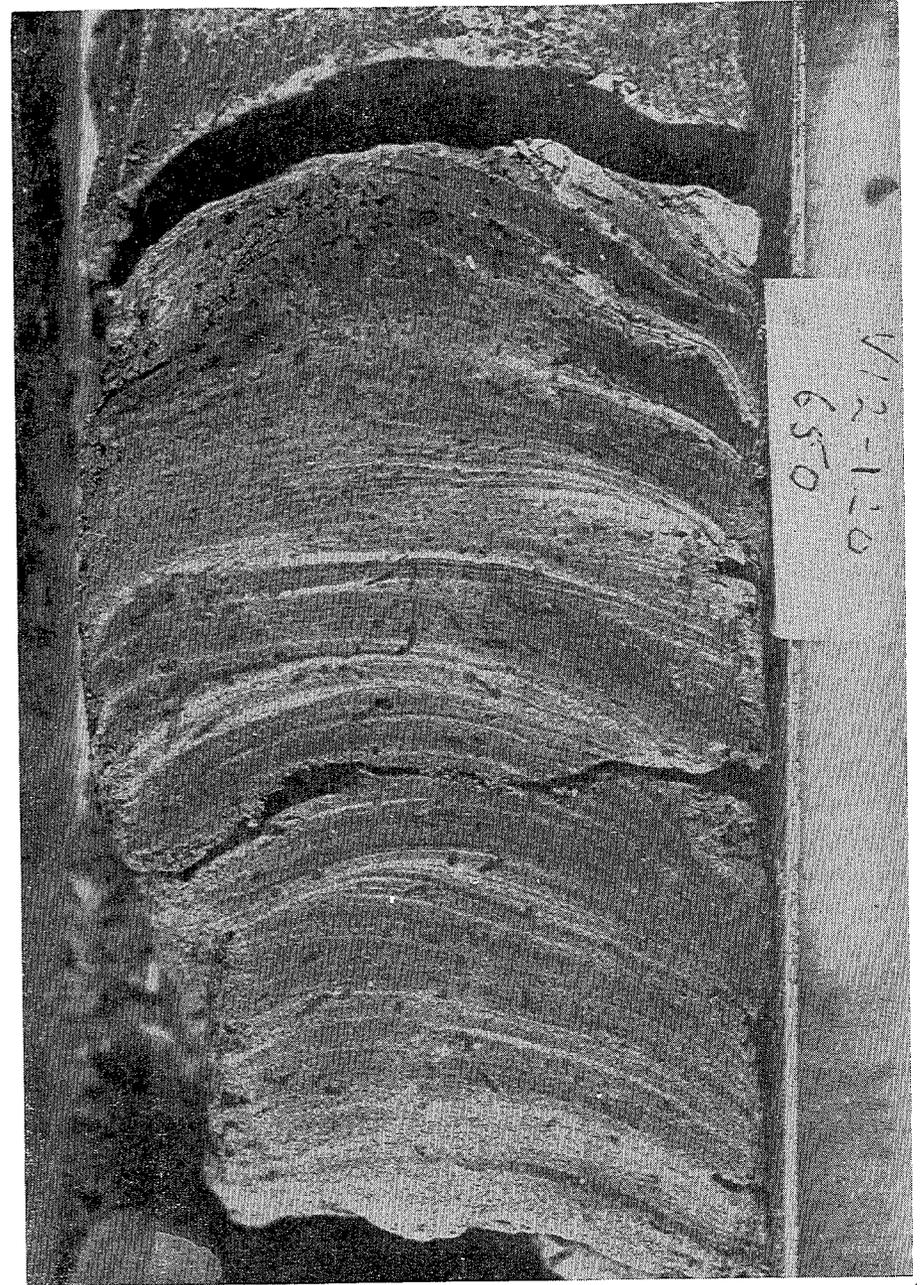


Foto N° 8. Parte superior (?) de una turbidita que muestra laminación fina y manchas producidas por material fino-arcilloso de las madrigueras. Núcleo V12-120

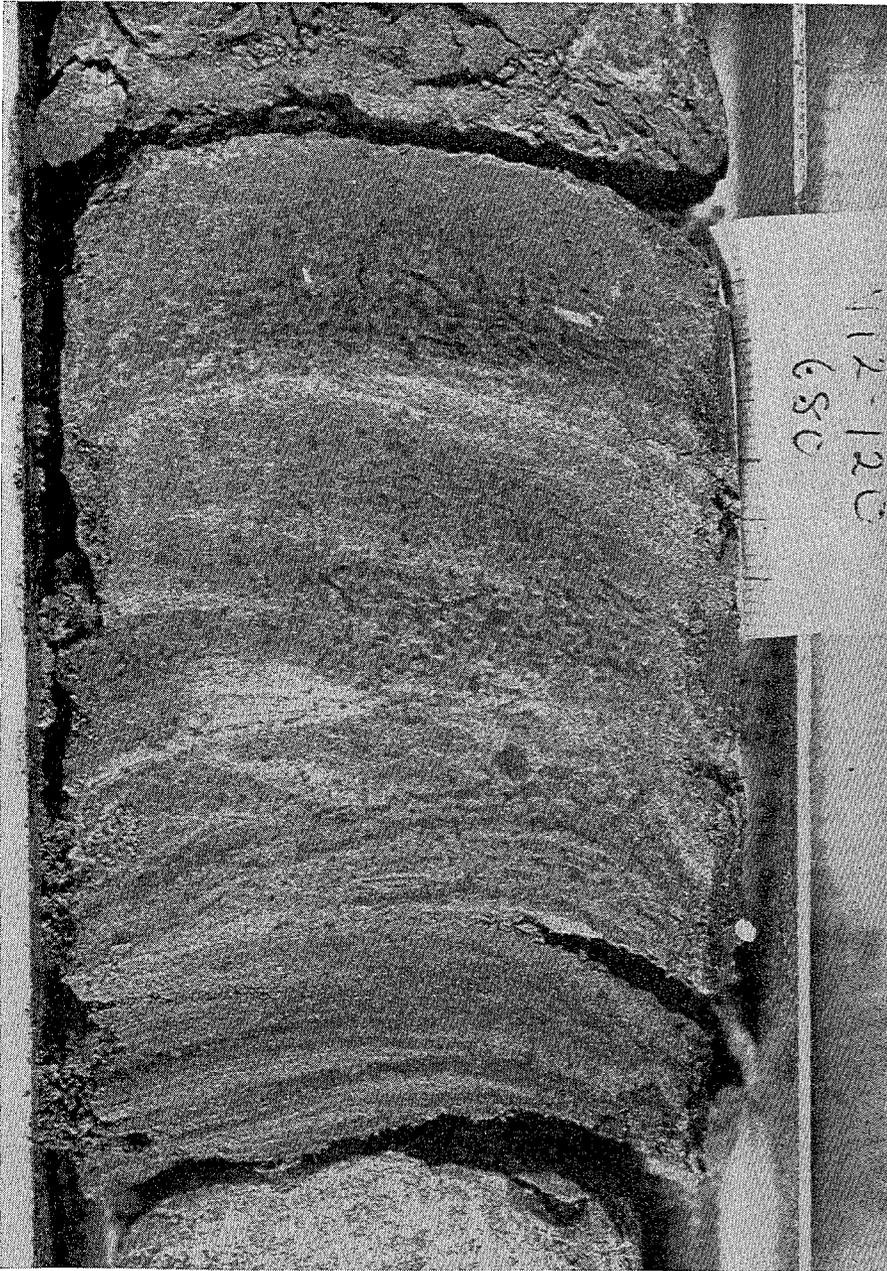


Foto N° 9. Parte de una turbidita que muestra una sección disturbada por estos organismos que se alimentan de barro. Limo grueso en la base. Limo fino al tope. Núcleo V12-120

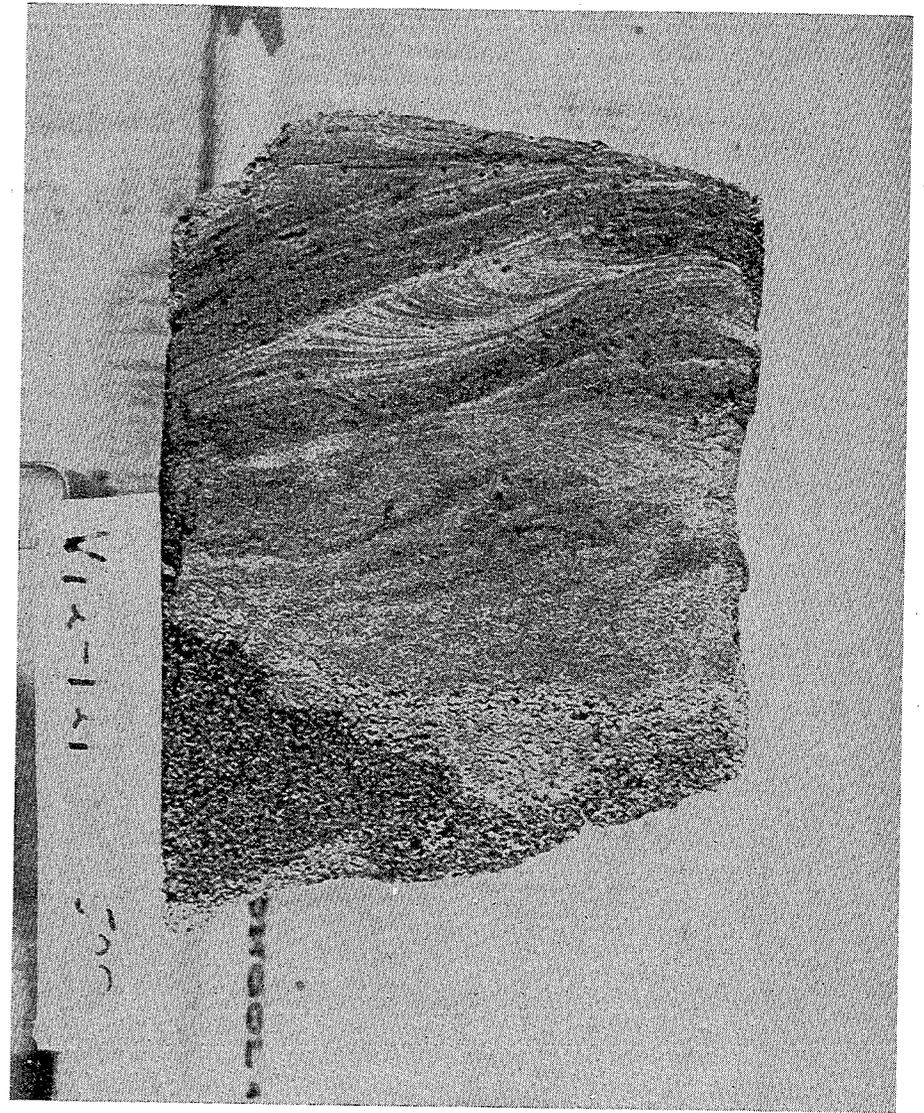


Foto N° 10. Turbidita del plano abisal. Ver diagrama de interpretación de esta fotografía (Fig. 30). En la base hay una arena muy fina y en el tope un limo fino. Laminación cruzada aparentemente deformada (por el ángulo excesivo de inclinación de algunas láminas). El tope de la secuencia está muy disturbado. Núcleo V12-121