

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

PARAMETROS SEDIMENTOLOGICOS DE VARVAS MARINAS  
EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU RELACION CON  
VARIACIONES CLIMATICAS RECIENTES

PEDRO E. MORENO HENTZ

TESIS PARA OBTENER EL  
TITULO DE OCEANOLOGO

ENSENADA BAJA CALIFORNIA, MEXICO

NOVIEMBRE 1982

# INDICE

|                                                                               |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.- INTRODUCCION                                                              | 1.   |
| - Planteamiento del Problema                                                  | 1.   |
| - Objetivos                                                                   | 2.   |
| - Diseño de la Investigación                                                  | 3.   |
| - Area de Estudio y Localización del Núcleo                                   | 4.   |
| 2.- FORMACION DE VARVAS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA                             | 8.   |
| 3.- METODOS Y PROCEDIMIENTOS                                                  | 11.  |
| - Muestreo y Desarrollo de la Cronoestratigrafía                              | 11.  |
| - Análisis de Componentes Principales                                         | 21.  |
| - Análisis de Partículas                                                      | 27.  |
| - Procesamiento de Datos                                                      | 28.  |
| A) Componentes Principales                                                    | 29.  |
| B) Análisis de la Distribución de Tamaños de las Partículas                   | 33.  |
| 4.- RESULTADOS                                                                | 46.  |
| - Componentes Sedimentarios                                                   | 46.  |
| A) Razón de Acumulación Diferenciada Estacionalmente                          | 46.  |
| B) Razón de Acumulación Continua                                              | 53.  |
| - Distribuciones de Tamaño                                                    | 54.  |
| A) Abundancias y Volúmenes de Partículas                                      | 54.  |
| B) Estandarización de los Datos de Volúmenes de las Partículas                | 59.  |
| 5.- DISCUSION / CONCLUSIONES                                                  | 72.  |
| - Relaciones entre los Componentes Principales                                | 72.  |
| - Relaciones entre las Distribuciones de Tamaño y los Componentes Principales | 75.  |
| - Las Variaciones a Corto y Largo Plazo                                       | 81.  |
| 6.- BIBLIOGRAFIA                                                              | 83.  |
| 7.- APENDICES                                                                 | 86.  |
| I. DATOS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES                                       | 86.  |
| II. DATOS DEL ANALISIS DE PARTICULAS                                          | 90.  |
| III. FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACION DEL INSTRUMENTO                             |      |
| PARTICLE DATA                                                                 | 96.  |
| - Método de Electroresistencia                                                | 97.  |
| - Calibración del Orificio 120 $\mu$ m                                        | 101. |
| - Intervalos de Clase                                                         | 104. |



## AGRADECIMIENTOS

Ante todo deseo recordar el continuo sacrificio que mis Padres antepusieron a sus intereses personales sin más beneficio que apoyar incondicionalmente mis estudios. Por hoy y por siempre, me satisface mucho expresar aquí mi más profunda y sincera gratitud para con ellos.

Esta tesis formó parte de mi trabajo durante dos años y medio para el proyecto "Paleoceanografía del Golfo de California" (Clave PCMABNA-005321) financiado por el CONACYT-BID a través del C.I.C.E.S.E. Agradezco también al CONACYT por la beca de actualización No. 38495 durante el primer semestre de 1982.

Quiero expresar aquí mi singular agradecimiento de gratitud a Timothy R. Baumgartner, con quien tuve la oportunidad de descubrir la emoción de la investigación científica y hacer de ella una forma de vida estimulante y muy satisfactoria.

A mi Comité de Tesis, formado por el M. en C. Francisco Suarez Vidal, Ing. Jorge Ledezma V. y Ocean. Lorenzo Gómez-Morin, les agradezco mucho sus consejos y comentarios para mejorar la versión final de este trabajo.

Estoy muy agradecido con Andrew Soutar y Susan Rau, del Instituto Oceanográfico Scripps, por haberme facilitado sus instalaciones y equipo durante el corte del núcleo, fotografía, radiografía y ensayos preeliminares del análisis sedimentario durante dos veranos.

Agradezco infinitamente la colaboración del Ocean. Vicente Ferreira en el trabajo de computación y calibración del contador electrónico de partículas (Particle-Data).

Finalmente, la mecanografía de este trabajo y los borradores que la antecedieron son obra de la Srita. Leticia Amador C., con quien estoy muy agradecido por su paciencia y dedicación.

## INTRODUCCION

La importancia de estudiar los sedimentos hemipelágicos consiste en reconocer los procesos y factores que controlan la depositación de la fracción fina del sedimento, tanto de origen continental como marino, en las pendientes y cuencas marginales adyacentes al continente (Krissek, et al., 1980). La formación de estructuras sedimentarias primarias en el ambiente hemipelágico y su preservación en regiones anóxicas es motivo de estudio aún más importante porque registran indirectamente los eventos climáticos que controlan la depositación en un marco temporal con resolución ideal de una estación climática (Soutar y Crill, 1977). Los eventos climáticos considerados como más importantes son la temporada de lluvia en verano y la de surgencias en primavera.

La formación de las varvas marinas del Golfo de California, representa una aparente respuesta a la diferencia estacional del clima regional el cual controla el tipo de partículas sedimentarias que forman las láminas claras y oscuras rítmicamente alternadas. Su preservación está favorecida por la escases de organismos bioturbadores en las pendientes de las cuencas, donde la concentración de oxígeno disuelto es mínima. (Soutar, et al., 1981; Schrader, et al., 1980).

### Planteamiento del problema

Un problema de gran interés en el estudio de varvas es la búsqueda de el o los parámetros sedimentológicos que puedan servir como índices

paleoclimáticos, entendiendo con ésto un indicador de la variabilidad climática. La esencia del problema radica en entender el cambio del régimen sedimentario que da lugar al mecanismo de formación de varvas. Aunque hay algunas hipótesis a este respecto (Byrne y Emery, 1960; Calvert, 1966; Baumgartner y Soutar, en prensa; Donegan y Schrader, 1982), ninguna de ellas está respaldada con un estudio adecuado para comprobar los conceptos de formación de las varvas en el Golfo de California. Este estudio fué iniciado para ayudar a entender el mecanismo de formación de las varvas, así como hacer un reconocimiento de los parámetros sedimentológicos para indicar cuales se pueden usar como índices paleoclimatológicos.

Hay que hacer notar que la medición de parámetros sedimentológicos debe realizarse en una serie de varvas donde el tiempo esté representado continuamente y en intervalos equidistantes, es decir, una secuencia de varvas ininterrumpida. La cronología de esta secuencia deberá abarcar un tiempo histórico en el cual se tengan varios registros climáticos como el nivel medio del mar, el escurrimiento fluvial y la ocurrencia de tormentas tropicales, lo cual servirá para una posterior comparación con las variables sedimentológicas.

### Objetivos

Los objetivos específicos de este estudio son los siguientes:

- 1.- Describir el cambio en las propiedades sedimentológicas que existen entre láminas claras y oscuras en las varvas del Golfo de California. Las preguntas más importantes para contestar son:

- a) ¿Producen los regímenes climáticos estacionales una diferencia marcada y persistente entre láminas claras y oscuras en algunas variables sedimentológicas?
  - b) Si hay tales diferencias, ¿se pueden relacionar, inferir o aislar de una manera aproximada con los factores ambientales que forzan tal variación estacional en la depositación de láminas claras y oscuras?
- 2.- Describir la variación a "largo plazo" en las propiedades sedimentológicas para examinar la naturaleza de la variación entre períodos interanuales (de 2 a 6 años) hasta un período que abarca varias décadas, en un marco temporal en el cual la resolución es de  $\pm 1$  año.

### Diseño de la Investigación

Las variables de interés, separadas en láminas claras y oscuras, se centran en la distribución de tamaños de las partículas biogénicas y terrígenas. El aislamiento de cada una de estas fracciones ofrece la oportunidad de conocer otras variables que contribuyen a definir la naturaleza del sedimento hemipelágico, como son el contenido de materia orgánica, el contenido de agua intersticial y el contenido de sales solubles como un factor de corrección al peso seco del material terrígeno, biogénico, esquelético y orgánico.

Las láminas analizadas provienen de un núcleo de caja congelado, el

cual se cortó para tener una losa de 30x15x3 cm y se le preparó para fotografía y radiografía. Con estas imágenes a escala real de la superficie y de la estructura interna de las láminas se pudo ajustar la cronología parcial a la ya existente cronoestratigrafía maestra para las varvas de la pendiente frente a Guaymas en el Golfo. (Baumgartner, et al., en preparación).

Los componentes principales se aislaron por medios físico-químicos y la eliminación de cada parámetro fué cuantificada por medios gravimétricos, su representación final fué a manera de serie de tiempo en términos de láminas estacionales y en términos de varvas. El análisis de la distribución del tamaño de las partículas biogénicas y terrígenas (fracción total) se realizó por el método de electroresistencia, el cual mide el volumen de las partículas a partir de sus propiedades eléctricas y permite analizar adecuadamente muy pequeñas cantidades de material. Las partículas biogénicas se eliminaron por disolución en una solución alcalina y la fracción terrígena resultante se sometió a un segundo análisis textural, el cual fué restado de la fracción total para conocer la distribución de las partículas biogénicas. Los datos se procesaron para estructurar en series de tiempo separadas para láminas claras y oscuras y en términos de sus componentes biogénicos y terrígenos.

#### Area de estudio y localización del núcleo

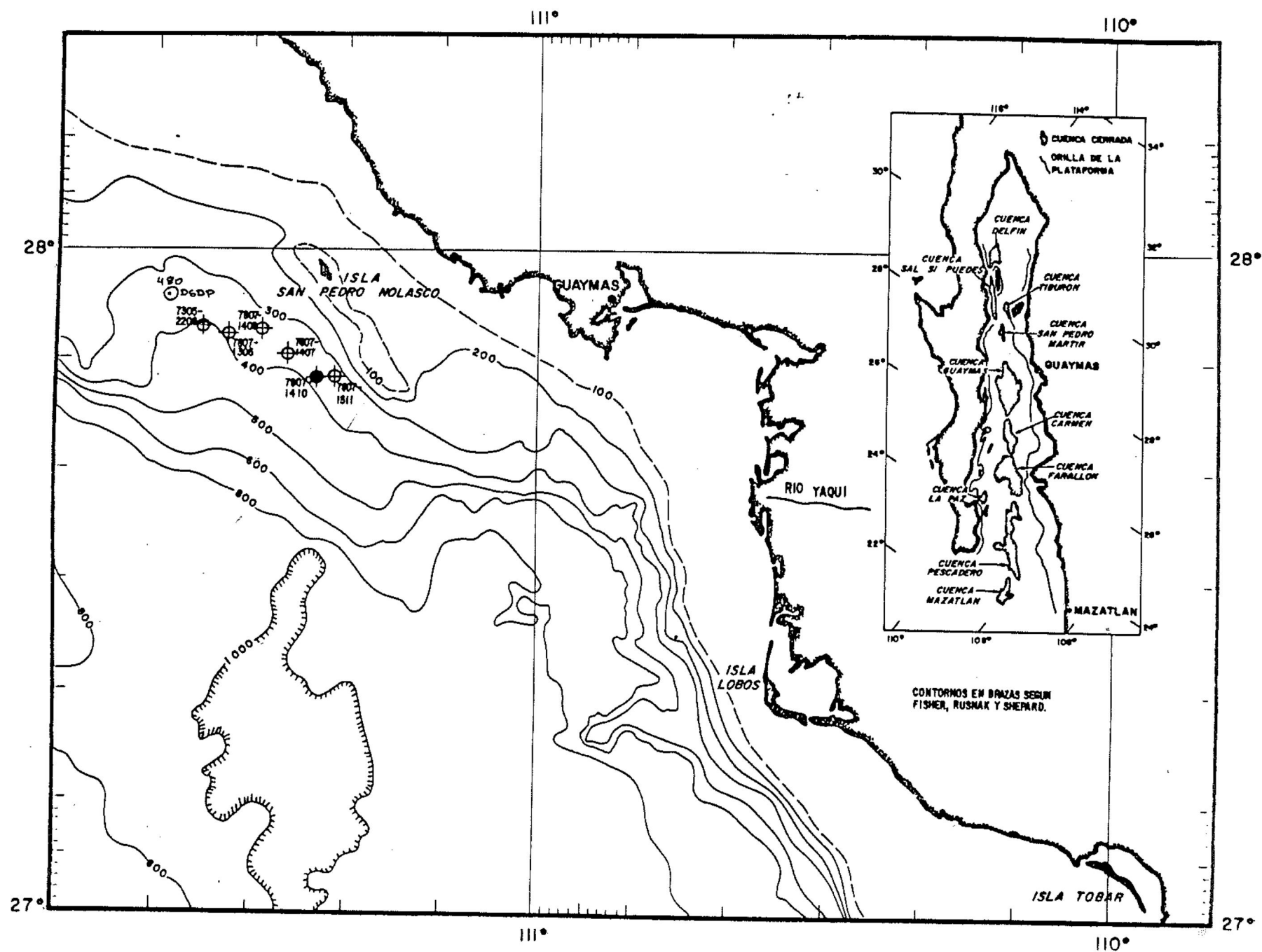
El Golfo de California es un mar marginal separado del Océano Pacífico por la Península de Baja California. En la porción central se encuentra la cuenca de Guaymas que es la más grande del Golfo y se caracteriza

por sus pendientes suaves, menores de 3 grados y su profundidad máxima de 2000 m. Los ríos que desembocan al Golfo central son el Río Yaqui, Mayo y Sonora, los cuales cuentan con sus respectivas represas desde la década de los 50. En contraste, la costa de Baja California no contribuye con un aporte fluvial significativo.

En términos climáticos, la pendiente de Guaymas del Golfo Central, se encuentra localizada frente a costas áridas y sensibles a los efectos de la precipitación pluvial. Las aguas de la porción central del Golfo, se caracterizan por una gran fertilidad debido a la estación de surgencias que propicia la alta productividad orgánica.

El núcleo utilizado en esta investigación, fué colectado junto con otros cuatro núcleos de caja, a una profundidad entre 610 y 650 m y en un área proximada de 20 Km<sup>2</sup>. La posición de los núcleos se muestra en la Figura 1, donde el designado como 7807-1410 es el que corresponde a este trabajo.

Figura 1 Batimetría de la pendiente norte de la cuenca de Guaymas, donde se colectaron los seis núcleos de caja en la zona de mínimo oxígeno. El núcleo 7807-1410 es el que se usó en este trabajo. Como referencia a otros trabajos, se muestra también la localización del sitio 480 donde el Proyecto de Perforación de Mar Profundo (DSDP) recuperó un núcleo de pistón de 152 m de largo.





## FORMACION DE LAS VARVAS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Existen principalmente dos factores ambientales que controlan la formación y la preservación de las varvas en las pendientes de las cuencas del Golfo de California: la presencia de una capa de mínimo oxígeno en la columna de agua, y las diferencias estacionales del clima a nivel local y regional (Calvert, 1964; Byrne y Emery, 1960).

Los sedimentos de las pendientes están en contacto con aguas escasas en oxígeno disuelto entre aproximadamente los 300 y 1300 m y el centro de la capa de mínimo oxígeno está entre los 500 y 600 m con valores menores de 1 ml/l (Alvarez-Borrego, et al., 1978). En el Golfo de California, como en el Pacífico Oriental Tropical, el mínimo de oxígeno es un balance que se mantiene entre la oxidación de grandes cantidades de materia orgánica, producto de la gran fertilidad de las aguas costeras influenciadas por surgencias, y la advección horizontal de partículas orgánicas que se alejan de su fuente de origen (Wyrski, 1962; Kester, 1965).

Estas bajas concentraciones de oxígeno disuelto tienen un efecto decisivo en la comunidad bentónica a lo largo de las pendientes, varios invertebrados incluyendo a los holoturoideos, ophiuroideos, asteroideos y algunos crustáceos, tienen el hábito de mezclar y prácticamente de destruir toda estructura sedimentaria a su alcance, pero a estas bajas concentraciones de oxígeno su existencia es prácticamente imposible, aunque no por esto las pendientes quedan azoicas; existen organismos inferiores cuyo

metabolismo no es suficiente para dañar seriamente la estructura sedimentaria.

Un concepto fundamental para explicar la formación de las varvas es que la diferencia composicional de las láminas claras y oscuras se debe principalmente al cambio estacional de las condiciones climáticas locales y regionales en la atmósfera y en el océano. Byrne y Emery (1960), sugirieron que el aporte de material terrígeno se mantiene relativamente constante a lo largo del año y que las surgencias en invierno y primavera eran las responsables de la alta producción y sedimentación de diatomeas. Estas mismas láminas fueron las que Calvert interpretó como varvas anuales y sugirió que su formación estaba controlada sólo por la variación estacional del aporte de limos y arcillas terrígenas que se intercalaban en la sedimentación relativamente constante de frustulas de diatomeas. Baumgartner y Soutar (en prensa) sugirieron que para la zona de la pendiente frente a Guaymas, el proceso de formación era debido a ambos efectos: un aporte estacional de material terrígeno en la temporada de lluvias y de material biogénico en la temporada de surgencias.

Otros factores que afectan de alguna manera (aún desconocida) la formación de varvas es la duración de la dispersión del sedimento local por corrientes de advección, las tormentas tropicales y la ocurrencia esporádica cada cierto número de años de tormentas de verano que afectan el área de Guaymas (Soutar, et al., 1980).

Los núcleos recuperados en 1980 por el proyecto de perforación de

de mar profundo (DSDP) del Instituto Oceanográfico Scripps, en la cuenca de Guaymas, están muy cerca de los núcleos de caja colectados por Baumgartner y otros en 1978. El núcleo de pistón hidráulico en el sitio 480 (Figura 1) penetraron 152 m y recuperaron un 86% del material, el cual demostró buena laminación y zonas totalmente homogeneizadas y bioturbadas, las cuales están asociadas a épocas glaciales e interglaciales a través del Pleistoceno y Holoceno (Soutar, et al., 1981), donde éste último está representado por más de 10 metros de sedimento bien laminado

## METODOS Y PROCEDIMIENTOS

### Muestreo y Desarrollo de la Cronoestratigrafía

El núcleo 7807-1410 se recuperó utilizando un nucleador de caja de dimensiones 30 X 30 X 100 cm. Las características del nucleador se describen con más detalle en Soutar (1978). Inmediatamente después de llegar a cubierta, la caja del nucleador completa, se metió en un baño de hielo seco con alcohol isopropílico, esto permitió una congelación inmediata de los primeros centímetros de la superficie externa del núcleo, formando una red de micro-cristales de hielo que no afectaron seriamente la porosidad inicial del sedimento. Después de 24 horas se liberó al núcleo de la caja nucleadora y se le envolvió en varias capas de polietileno bien sellado. Se mantuvo congelado durante dos años antes de iniciar la presente investigación.

El núcleo se seccionó usando una sierra de alta velocidad con una banda de carburo de tungsteno. Primero en dos mitades, de las cuales una se guardó para archivo y la otra se cortó en dos columnas denominadas A y B, luego cada una de ellas se dividió en tres bloques denominados I, II y III, a su vez, cada bloque se cortó en 6 losas como se ilustra en la Figura 2. Las denominadas 1 y 2 que son la superficie externa del núcleo se destinaron a la reconstrucción de una cronoestratigrafía maestra junto con otros 4 núcleos de la misma área del estudio de la pendiente frente a Guaymas (Baumgartner, et al., 1981).

La losa denominada IB3 es la que se usó en este estudio, sus dimen-

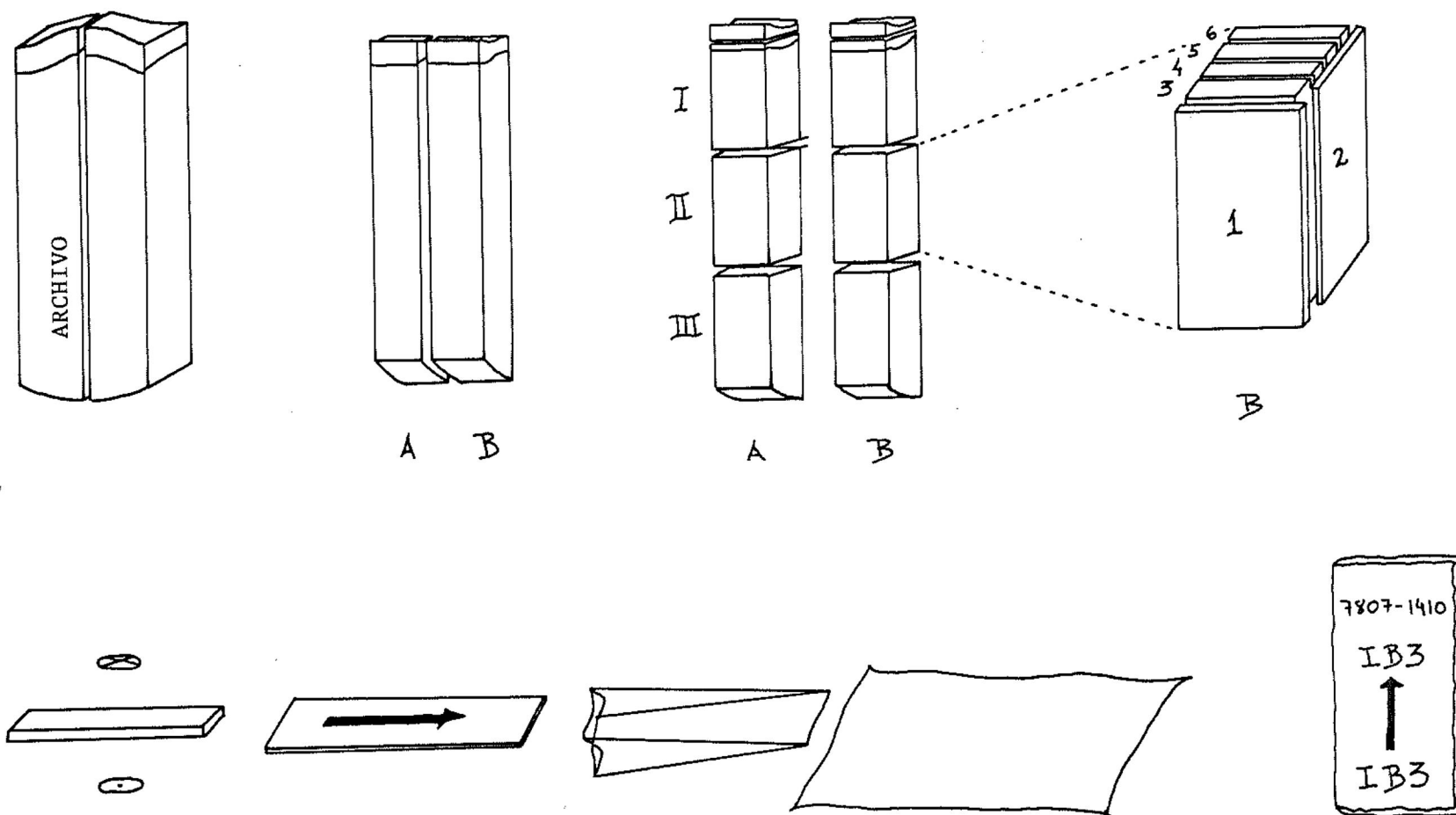


Figura 2 . Procedimiento para seccionar el núcleo; primero en dos mitades de las cuales una se archiva, la otra se corta en dos columnas, las cuales a su vez se dividen en tres bloques cada una. Los bloques de la columna B se cortan en dos losas de 1 cm de grueso y representan las caras periféricas del núcleo. La columna A tiene la losa 2 opuesta a B.

siones fueron de 20 X 14 X 3 cm sin incluir 5 cm de hielo perteneciente a la interfaz agua-sedimento. Las superficies de la losa se limpiaron con una espátula de acero inoxidable hasta lograr una imagen nítida de las láminas. Inmediatamente se procedió a fotografiar la cara interna y externa usando un lente plano y una larga distancia focal para reducir al mínimo el efecto de la distorsión de la imagen por concavidad. La ausencia de distorsión se comprobó fotografiando una hoja de papel milimétrico, la imagen ampliada a escala real resultó bien ajustada. Con estas características se obtuvo una imagen de alto contraste, sin distorsión y a escala real de ambas superficies de la losa (Figura 5).

La fotografía se tomó con una cámara Cannon AT-1 y lente Macro 100F4. La película de alto contraste fué Kodak TPF 2415 de 100 ASA, y se imprimieron en papel polycontrast IIRFC usando filtros Kodak PC#3 para mejorar el contraste. El procedimiento fotográfico se ilustra en la Figura 3.

La radiografía permite la observación de la estructura interna de la losa. Puesto que la geometría de las láminas no siempre es plana y normal a las caras de la losa, fué necesario medir los ángulos de inclinación de éstas, según se ven en los perfiles derecho e izquierdo de la losa. Los ángulos se midieron cada 3 cm aproximadamente y con ellos se calculó la inclinación necesaria para que las láminas de la losa y el haz cónico de la fuente de rayos X fuera lo más paralela posible (Figura 4). Fué necesario tomar varias radiografías a diferentes ángulos de inclinación para cubrir su nitidez la totalidad de la losa. Se empleo

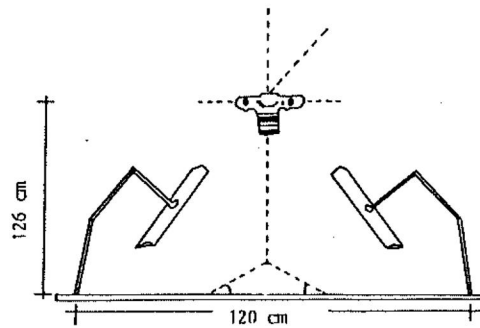
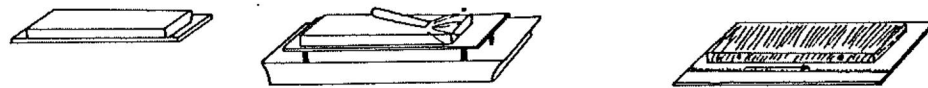


Figura 3 Limpieza de las superficies congeladas de la losa. Disposición de la iluminación, la distancia focal y la alineación de la cámara.

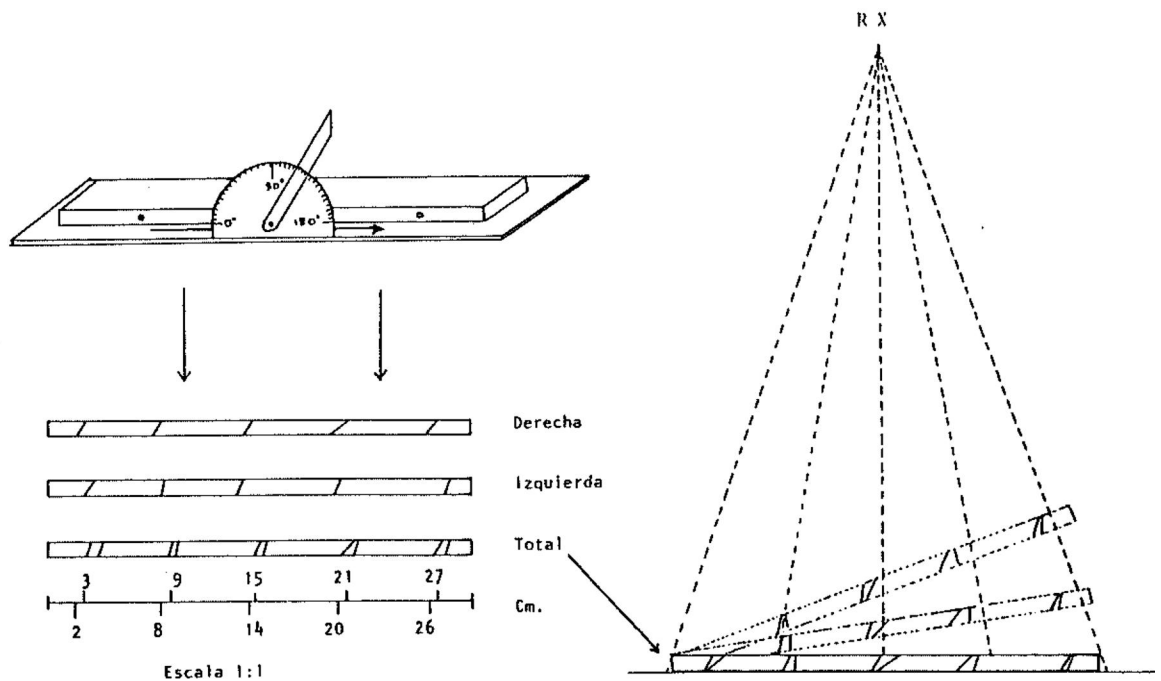


Figura 4 Medición de los ángulos de inclinación de las láminas en los perfiles derecho e izquierdo de la losa congelada. Con estos ángulos se calculó la inclinación que debería tener la losa para que el haz cónico de la fuente de rayos X (RX) incidiera paralelamente en las láminas.

en este procedimiento la máquina generadora de Rayos X Faxitron-805, exponiendo la losa en ángulos de  $21^{\circ}$ ,  $9^{\circ}$  y  $6^{\circ}$  a 65 Kv durante 5 minutos. La película empelada fué Kodak X-0-Mat. La imagen positiva de las radiografías se imprimió en papel de alto contraste Kodabromide II. Con estas impresiones se completó un mosaico que permite observar con claridad la estructura interna de las láminas (Figura 5).

Usando como referencia a la fotografía y radiografía se seleccionó la columna de 20 X 3.5 X 3 cm indicada en la Figura 5, que reunió las siguientes características: más alto grado de paralelismo interlaminar (según se observa en la radiografía), ausencia de deformaciones penecontemporáneas y continuidad temporal (según se verifica con la cronoestratigrafía maestra, Baumgartner, et al., en preparación; Figura 8). Con esta referencia fotográfica para guiar el corte de la columna en la losa congelada, para lo cual se empleó una sierra manual de acero inoxidable. La fotografía y radiografía también fueron cortadas y corregidas para las dimensiones finales de la columna, utilizando también la fotografía de la cara externa se procedió a construir un modelo fotográfico para medir las áreas de la superficie de depositación de cada lámina, haciendo las correcciones necesarias por pérdidas de material durante los cortes. (Figura 6).

Correlacionando las láminas de la fotografía con las de la radiografía y con referencia a la cronoestratigrafía maestra del área del estudio, se determinó la presencia de 33 varvas bien definidas a las que corresponden los años climáticos de 1934 a 1966 (Figura 7), según la

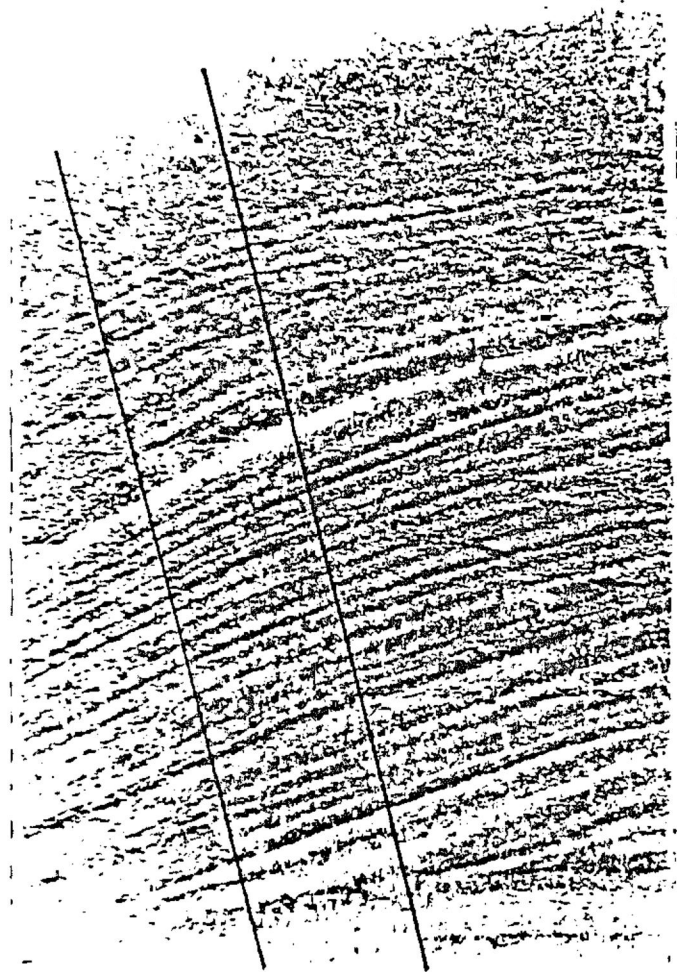


FIGURA 5. Fotografías de las superficies externa (izquierda) interna (centro) de la losa congelada IB3 y radiografía (derecha) que muestra la estructura interna de las láminas. Los segmentos diagonales indican la posición de la columna estratigráfica que se usó en este trabajo.

Figura 7. Cronoestratigrafía maestra de las varvas de la cuenca de Guaymas (Baumgartner, et al., en preparación). La precisión es de  $\pm 1$  año. A la izquierda aparece el número del núcleo utilizado en esa sección de la cronoestratigrafía.

Figura 8. Cronoestratigrafía parcial de las 33 varvas (1934-1966) que se usaron en este estudio. La correlación entre fotografía (derecha) y radiografía (izquierda) está ajustada con la cronoestratigrafía maestra.

CARA INTERNA



CARA ESTERNA



RADIOGRAFIA

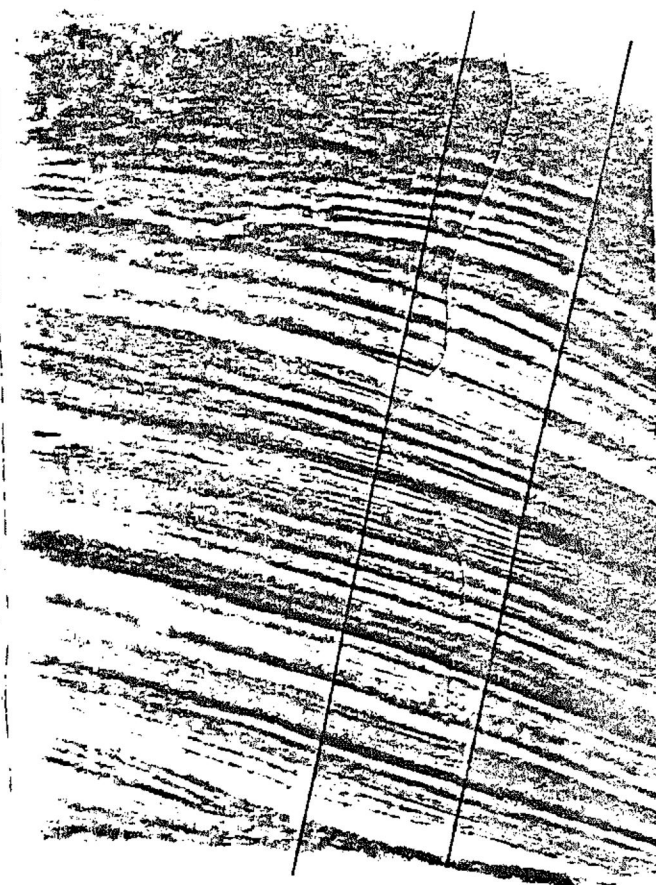


Figura 5

superficie  
externa

superficie  
interna

superficie  
extrema

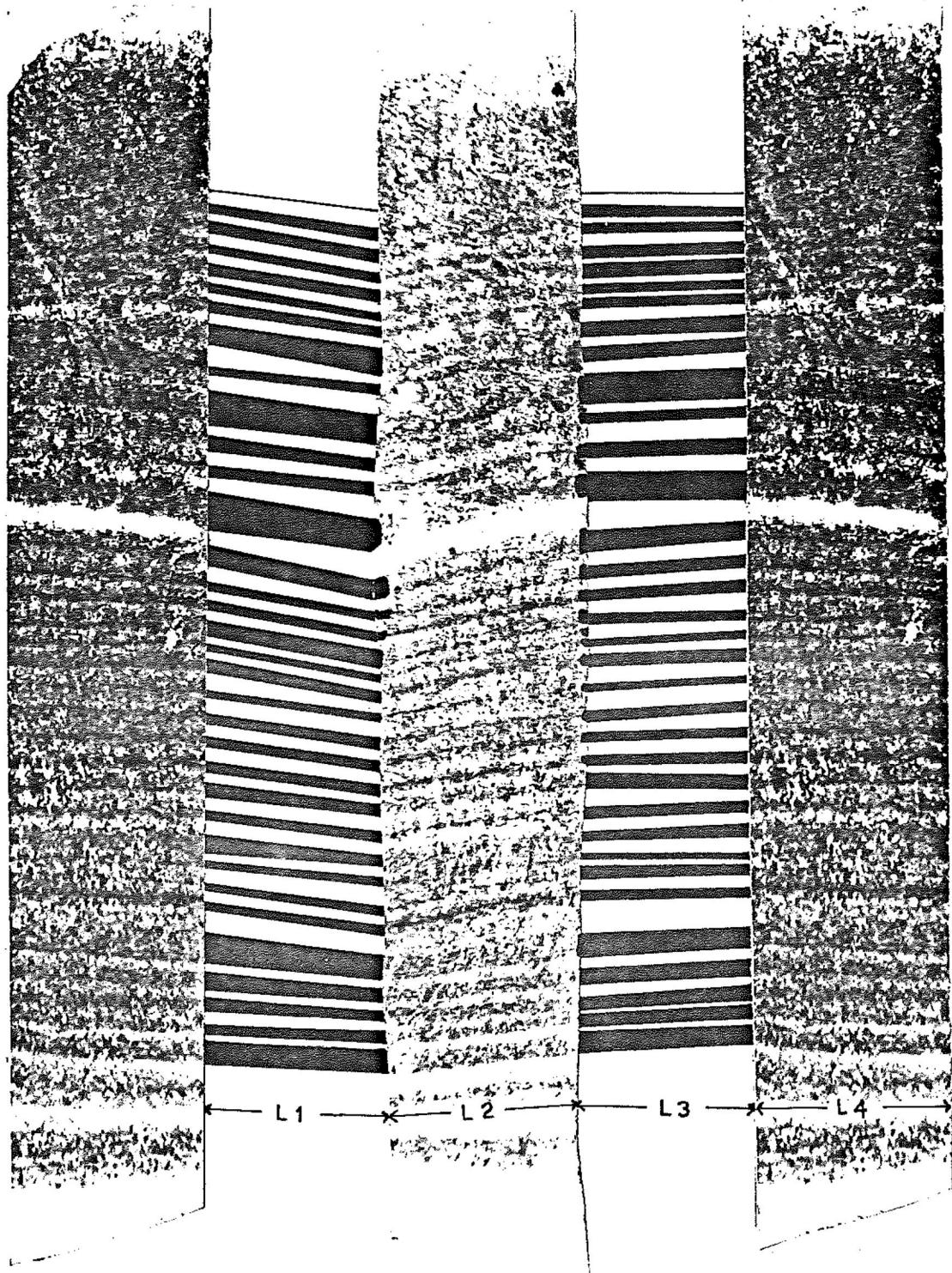


Figura 6 Patrón de medición de áreas (superficies de depositación) en cada lámina. L1, L2, L3 y L4 son las distancias a escala real del perímetro de la superficie muestreada. Las áreas se calcularon por triangulación.

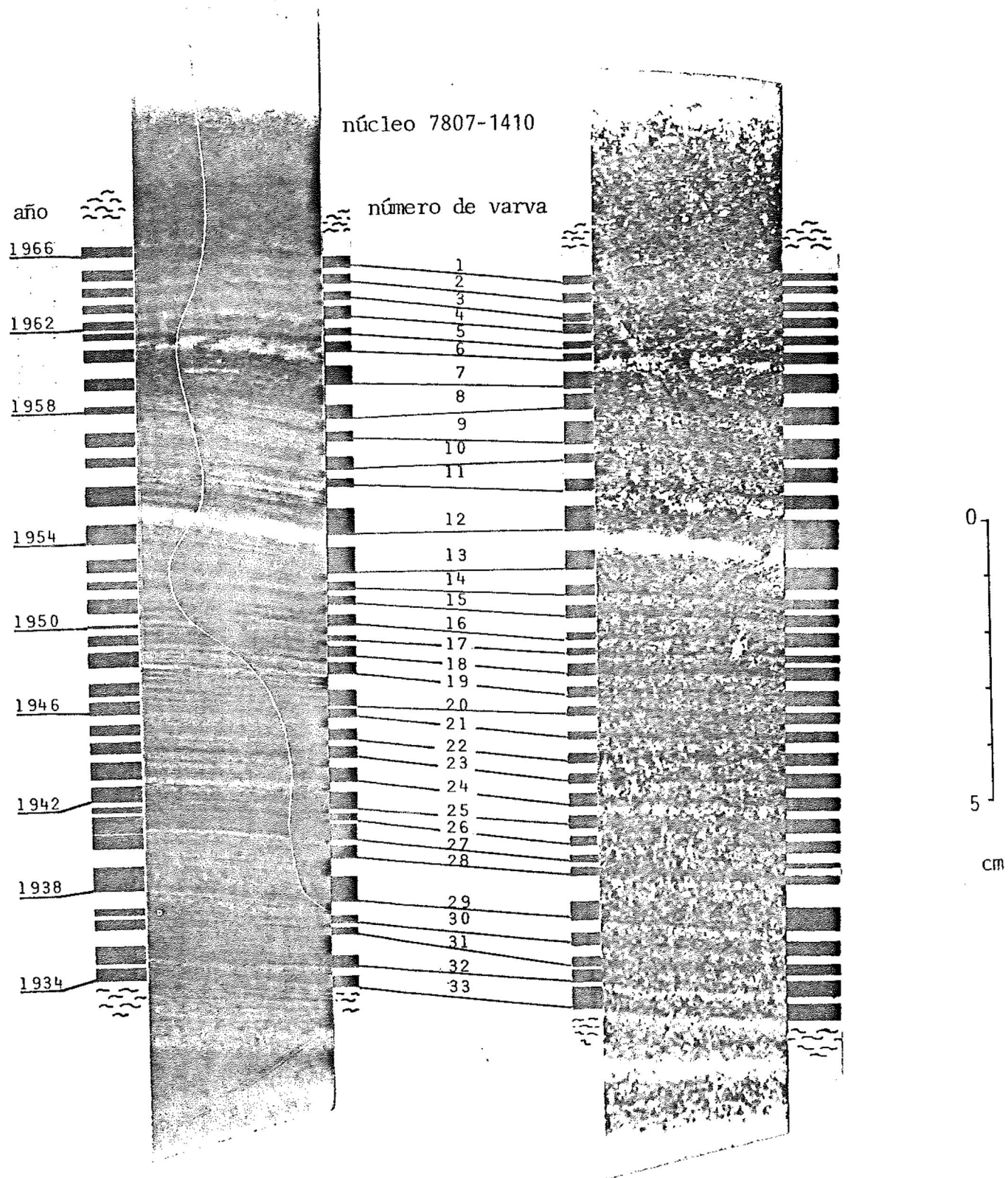


Figura 7



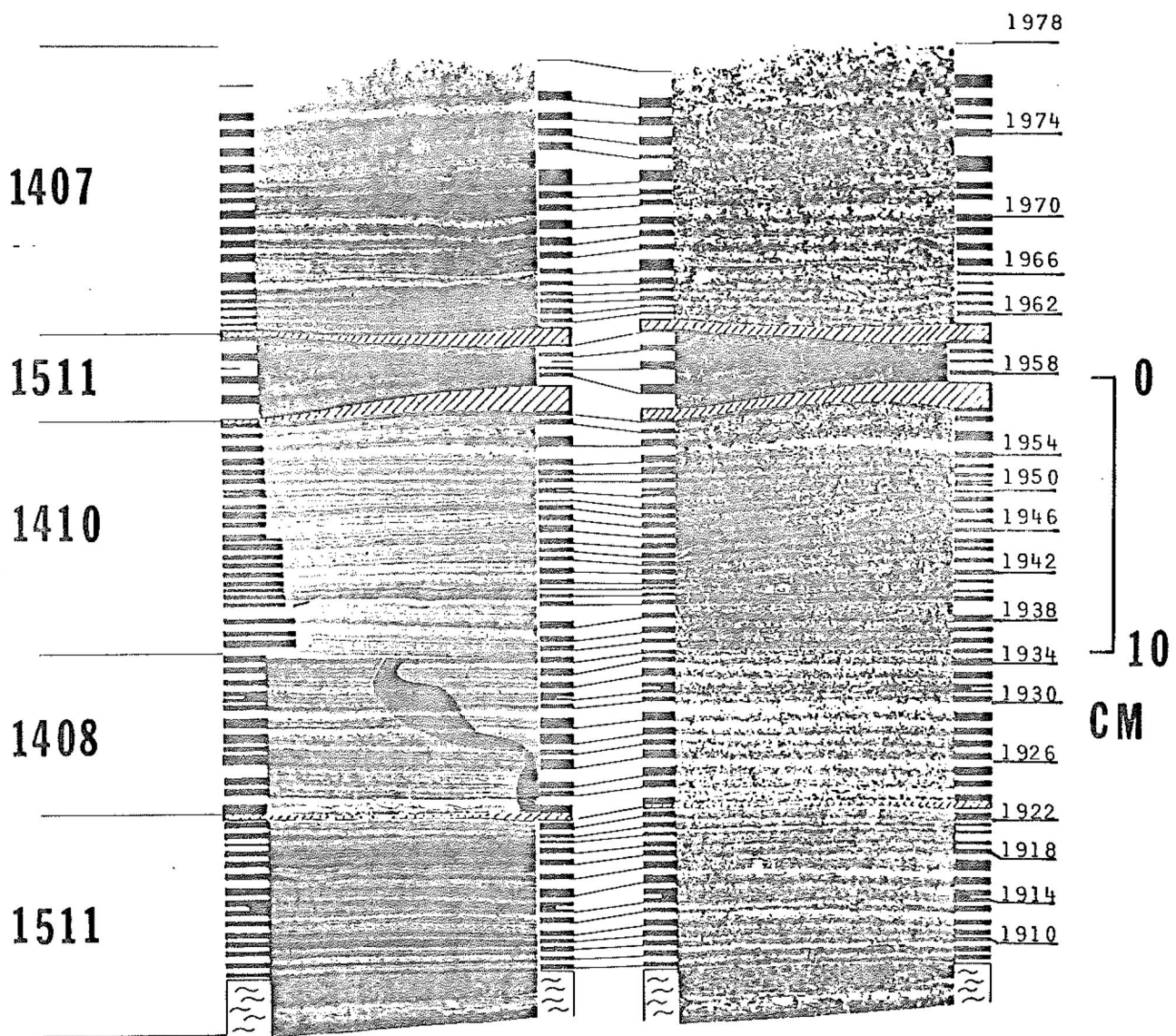


Figura 8

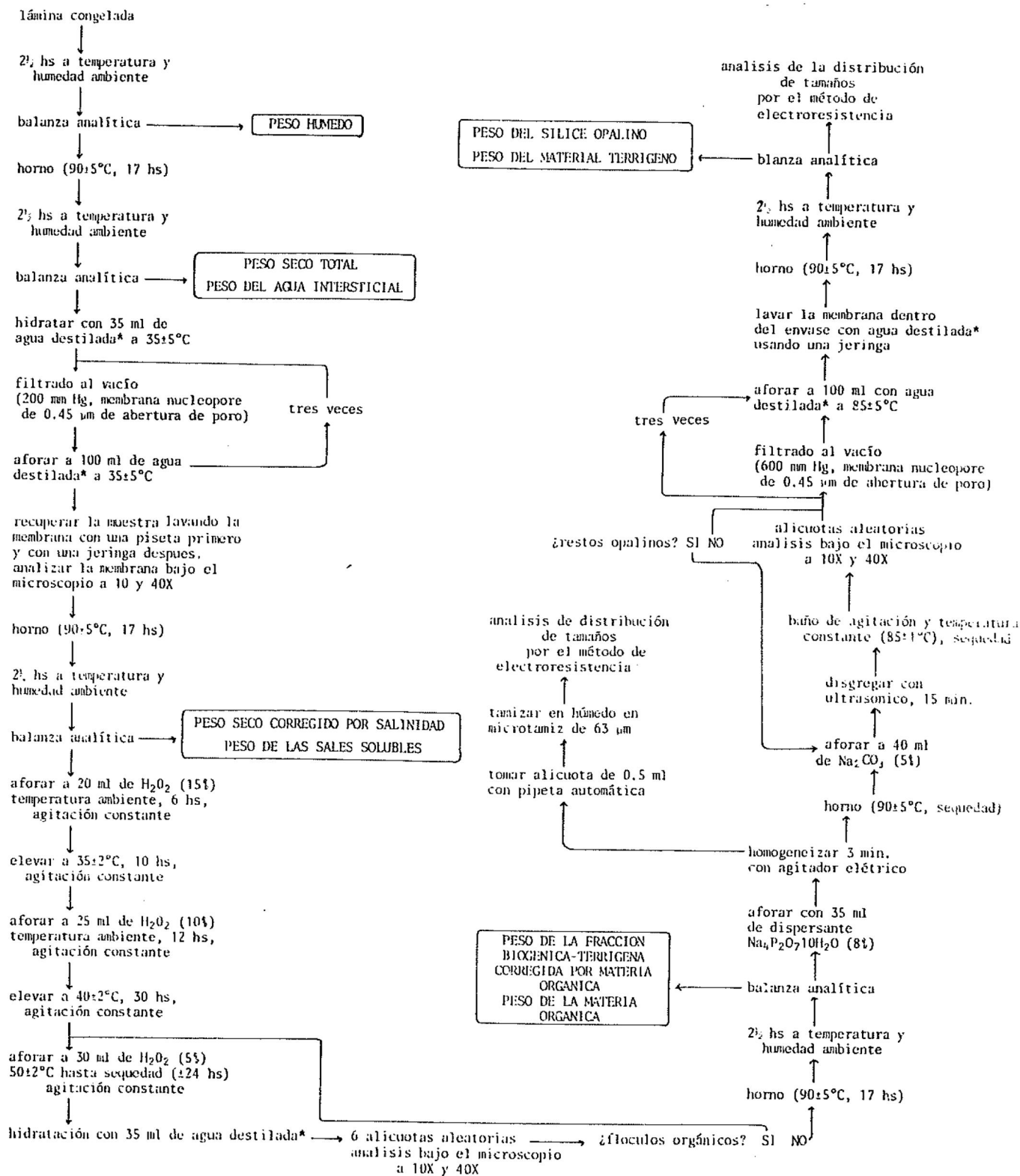
interpretación de Baumgartner et al., (en preparación). Se estima que la precisión de la cronoestratigrafía es de  $\pm 1$  año.

Teniendo como referencia las fotografías de las superficies de la columna, se procedió a marcar claramente con un escalpelo la frontera entre cada lámina a través de las 4 superficies de la columna congelada. Posteriormente se excisionaron las 66 láminas de abajo hacia arriba, evitando la contaminación entre material de una lámina y otra. Las muestras se mantuvieron congeladas en envases de polipropileno previamente lavados, marcados y pesados.

#### Análisis de Componentes Principales

El contenido de agua, sales solubles, materia orgánica, sedimento biogénico y sedimento terrígeno se determinó por diferencia de pesos, para lo cual se estableció un procedimiento uniforme a lo largo de todo el tratamiento con el fin de no generar errores acumulativos. Las muestras fueron tratadas individualmente y no en conjunto en lo que respecta a tiempo de procesamiento. El orden en que siempre se procesaron fué aleatorio con respecto a su secuencia. Ante la imposibilidad de obtener un peso constante, se obtuvo un peso uniforme tomando cada lectura en la balanza a los 30 seg. de aparecer ésta. La precisión de las lecturas fué de  $\pm 0.00004$  gr. La figura 9 es una síntesis del procedimiento y tratamiento en el análisis de los componentes sedimentológicos.

Las muestras permanecieron fuera del congelador durante  $2 \frac{1}{2}$  horas



\* agua destilada, desmineralizada y filtrada a través de una membrana de 0.2 µm.

Figura 9

antes de entrar a la balanza analítica Marca Mettler HL52. Después de registrar el peso húmedo, cada muestra permaneció en el horno durante 17 horas a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , al cabo de las cuales permanecieron a temperatura y humedad ambiente durante 2 1/2 horas antes de registrar su peso seco.

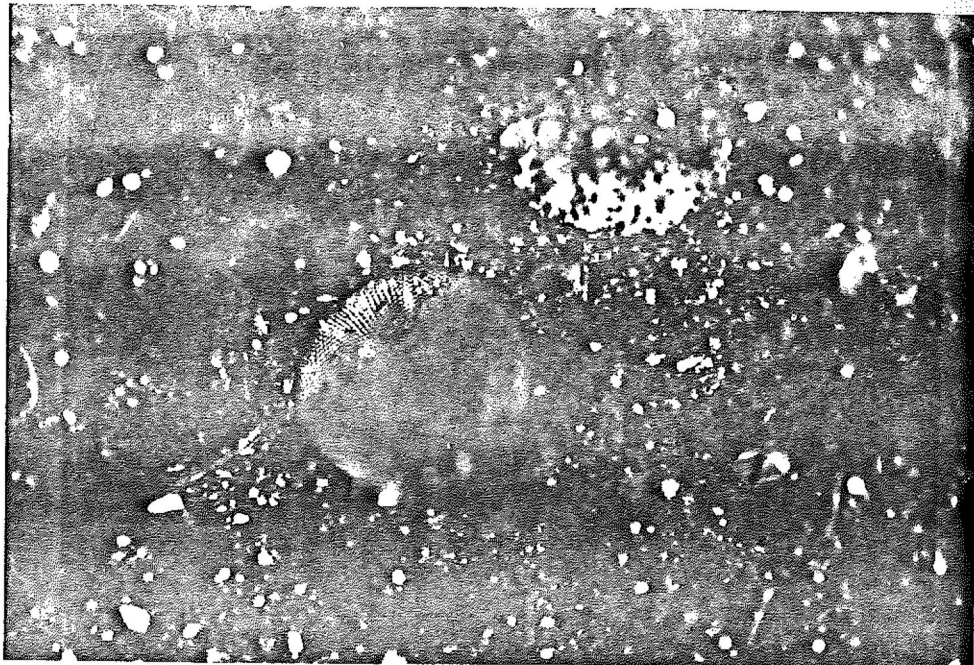
La eliminación de sales solubles se efectuó hidratando la muestra seca con 35 ml de agua destilada demineralizada y filtrada por una membrana de  $0.2\ \mu\text{m}$  (de aquí en adelante "agua destilada") durante 5 horas en un baño de agitación y temperatura a  $35 \pm 5^{\circ}\text{C}$  constante. Inmediatamente después se filtraron con 100 ml de agua destilada a  $35 \pm 5^{\circ}\text{C}$  a través de una membrana nucleopore (de  $0.45\ \mu\text{m}$  de abertura de poro) a 200 mm/Hg de vacío, para no romper la delicada estructura de las frústulas de diatomeas. El sedimento se recuperó lavando el filtro con la presión de una piseta primero y de una jeringa hipodérmica después, aforando el vaso a 35 ml de agua destilada. Se analizaron algunos filtros bajo el microscopio compuesto a 10X y 40X en busca de residuos de partículas adheridas, asegurando que su presencia fué inapreciable. Este ciclo de lavado y filtrado se repitió 3 veces utilizando el mismo filtro para cada muestra. El sedimento en esta etapa se observa en la Figura 10A. Las muestras se secaron a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 17 horas y se siguió el mismo procedimiento para su pesado para obtener el peso seco del sedimento y el peso de las sales solubles.

La materia orgánica se eliminó por oxidación hidratando las muestras con 20 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 15% (para evitar una efervescencia brusca) a temperatura ambiente durante 6 horas y posteriormente en el baño de agitación y



a

Materia orgánica,  
diatomeas y material  
terrágeno después de  
eliminar sales  
solubles.



b

Partículas biogénicas  
y terrígenas después  
de eliminar la mater  
ia orgánica. Las  
manchas blancas son  
cristales de cuarzo.



c

Partículas terrígenas  
después de eliminar  
el sílice opalino.  
nótese la buena  
disgregación de las  
arcillas.



Figura 10

temperatura constante, se elevó la temperatura a  $35^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 10 horas, cuando el volumen de la muestra fué aproximadamente de 10 ml. Se volvió a aforar a 25 ml con  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 10%, permaneciendo a temperatura ambiente durante 12 horas, al cabo de las cuales la temperatura se elevó a  $40^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 30 horas, evitando la sequedad total. Se volvió a aforar a 30 ml con  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 5% y se mantuvo a  $50^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas antes de la sequedad total. Se volvieron a hidratar con 35 ml de agua destilada y 6 alícuotas aleatorias fueron analizadas al microscopio en busca de material floculado como evidencia de restos de materia orgánica. Se encontró que la disgregación era total y la presencia de floculos inapreciables a las ampliaciones de 100 y 400X, las frústulas de diatomeas perfectamente limpias (Figura 10b). Las alícuotas se regresaron a la muestra correspondiente y se procedió a secarlas en el horno a  $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 17 horas, obteniendo el nuevo peso con el procedimiento habitual.

En esta etapa se tiene el sedimento biogénico y terrígeno libre de sales y materia orgánica. Se procedió a aforar las muestras a 35 ml de  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (8%), se introdujo al vaso un agitador de vidrio y se homogeneizó la muestra durante 3 minutos antes de tomar alícuotas de 0.5 ml con una pipeta automática de cartuchos desechables. Las alícuotas se guardaron en envases de vidrio previamente lavados y marcados, para su posterior análisis de distribución de tamaños en la fracción total. La sustracción de material en la muestra original debido a estas alícuotas fué cuantificada y considerada en el registro de pesos.

Después de analizar la distribución de tamaños de la fracción total,

se procedió a eliminar el material biogénico, considerado como sílice opalino, con las técnicas descritas por Hurd (1973). Las muestras secas se aforaron con 40 ml de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 5% y se sometieron a un proceso de destrucción de las testas de diatomeas con un vibrador ultrasónico durante 15 minutos, posteriormente se mantuvieron en un baño a temperatura constante ( $85^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ ) y agitación constante hasta que alcanzaron la sequedad. Durante el proceso se tomaron alícuotas a la primera y segunda horas para analizarlas bajo el microscopio a 100 y 400 X. Las láminas más ricas en sílice opalino no demostraron una eliminación satisfactoria, por lo cual se repitió el proceso en todas las muestras aforando a 20 ml con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (5%), ultrasonando y el baño de temperatura y agitación constante igual que el peso anterior. Las alícuotas (Figura 10c), analizadas al microscopio, no mostraron indicios de fragmentos de testas opalinas a 400X con lo cual se consideró una eliminación completa de este material. El ópalo en solución se eliminó filtrando las muestras a través de una membrana Nucleopore de  $0.45 \mu\text{m}$  de abertura de poro y el sedimento restante se lavó 3 veces con 300 ml de agua destilada a  $85^\circ\text{C}$ . Se tomaron alícuotas de la suspensión para analizarlas al microscopio en busca de sílice disuelto, el cual a sequedad sobre el portaobjetos, no fué encontrado ningún indicio de su presencia.

Las muestras se recuperaron del filtro utilizando la presión de agua de una jeringa hipodérmica, algunos filtros fueron analizados al microscopio para comprobar la eficiencia de la recuperación, la cual fué satisfactoria. Las muestras se secaron al horno durante 17 horas a  $90 \pm 5^\circ\text{C}$ , y se secaron a temperatura y humedad ambiente durante 2 1/2 horas

antes de ser pesadas. Los datos obtenidos en esta etapa pertenecen al peso del material terrígeno por lámina después de considerar la pérdida de material por la sustracción de alícuotas para el análisis textural. Se restó el peso de la fracción terrígena al de la total y se obtuvo el peso de la fracción biogénica. Cabe hacer notar que las alícuotas empleadas en el análisis al microscopio para observar el avance de los diferentes procedimientos, fueron regresados a la muestra original, las probabilidades de pérdida de material y contaminación por este concepto se consideraron inapreciables.

Las muestras secas se aforaron con 35 ml de  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (.8%), y se sometieron a un proceso de disgregación ultrasónica durante 15 minutos. Posteriormente se introdujo al vaso un agitador de vidrio y se homogeneizó la muestra durante 3 minutos antes de tomar una alícuota de 0.5 ml con una pipeta automática de cartuchos desechables. Estas muestras se analizaron para distribución de tamaños en la fracción terrígena.

#### Análisis de Partículas

Se llevó a cabo el análisis de la distribución de los tamaños de las partículas por el método de electrorresistencia (Swift, Shubel y Sheldon, 1972). La fracción de tamaño analizado fué la menor de 63  $\mu\text{m}$ . Se utilizó el aparato ELZONE fabricado por PARTICLE DATA. Cada muestra de la fracción total se tamizó en húmedo a través de una malla de 63  $\mu\text{m}$  para evitar que partículas mayores obstaculizaran el orificio, posterior-

mente se diluyeron en  $193 \pm 1$  ml de dispersante (electrolito)  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  al .8%. Este volumen es la máxima capacidad del vaso del sistema ELZONE. La agitación mecánica se incrementó lenta y gradualmente para evitar la formación de burbujas que también producen pulsos voltaicos similares a los de las partículas (Sheldon, 1978).

Para la distribución de tamaños se seleccionaron 16 intervalos de clase entre el 0.5 y el 95% de la escala relativa (0-100%) que en total abarcan un diámetro nominal entre 2.43 y 50.6  $\mu\text{m}$ , ésto concuerda con el 2 y 40% del diámetro del orificio. En cada intervalo de clase se registraron dos lecturas (réplicas), al final de los intervalos se leyó por duplicado el número total de partículas entre 2.43 y 50.6  $\mu\text{m}$ .

De esta manera, se procesaron las 66 muestras de la fracción total, posteriormente se repitió el mismo procedimiento (excepto por el tamizado) con las 66 muestras de la fracción terrígena. Los registros de estos análisis se presentan en el apéndice 2. Se encuentran los detalles del análisis, el funcionamiento y el procedimiento de la calibración del sistema PARTICLE DATA, ELZONE en el apéndice 3.

### Procesamiento de Datos

A continuación se describe el proceso de transformación de los datos originales obtenidos en el análisis de componentes sedimentarios y en el análisis de la distribución de tamaños de las partículas. Para ilustrar el procedimiento se toma como ejemplo la primera lámina; el

resto de los datos se encuentran en los apéndices I y II.

A) Componentes principales:

Se consideran aquí al contenido de agua intersticial, sales solubles, materia orgánica, fracción biogénica y fracción terrígena. Además se anotan las correcciones por sustracción de alícuotas para el análisis textural y las áreas de superficie de depositación que se muestrearon por cada lámina.

Partiendo de los pesos BRUTOS, tal como se registraron en la balanza, se calcularon los pesos REALES del sedimento en cada una de sus etapas de eliminación (agua, sales solubles, materia orgánica y fracción biogénica). Posteriormente se calculó los pesos NETOS de cada componente por diferencia de pesos. Finalmente se normalizaron estos pesos a un  $\text{cm}^2$  de superficie de depositación por lámina (representando el peso de acumulación en una estación depositacional) en términos de RAZON DE ACUMULACION ( $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{lámينا}$ ) y en términos de PORCENTAJES RELATIVOS al peso húmedo, al peso seco, al peso seco corregido por salinidad, al peso seco corregido por salinidad y por materia orgánica y al peso seco de la fracción biogénica más terrígena con respecto a la fracción terrígena.

1.- Pesos brutos (mg): Tabla 1, Apéndice I.

| No. lam. | Pe      | Pe + SH | Pe + SS | Pe+SSc/s | Pe+FBTc/mo | Pe+FTc/so | V.Al |
|----------|---------|---------|---------|----------|------------|-----------|------|
| 1A       | 7348.23 | 9519.35 | 7714.02 | 7602.69  | 7581.16    | 7511.20   | 1.5  |



donde:

Pe = peso del envase

SH = sedimento húmedo (después de 2.5 horas fuera del congelador a temperatura y humedad ambiente).

SS = sedimento seco.

SSc/s = sedimento seco después de eliminar sales solubles  
(corregido por sales)

FBTc/mo = sedimento seco en la fracción biogénica y terrígena  
después de eliminar sales solubles y materia orgánica  
(corregido por materia orgánica).

FTc/so = sedimento seco en la fracción terrígena después de  
eliminar sales solubles, materia orgánica y la fracción  
biogénica (corregido por sílice opalino).

V.A1 = volumen en ml de la alicuota sustraída de la fracción  
biogénica y terrígena para el análisis textural.

## 2.- Pesos reales (mg): Tabla 2, Apéndice I

| No. lam. | SH      | SS     | SSc/s  | FBTc/mo | FTc/so | P.A1 |
|----------|---------|--------|--------|---------|--------|------|
| 1A       | 2171.12 | 365.79 | 254.46 | 232.93  | 162.97 | 9.98 |

donde el peso del envase ha sido restado y el peso de la alicuota (P.A1) ha sido calculado mediante la relación:

$$P.A1 = \frac{(Pe + FBTc/mo) - (Pe)(V.A1)}{35 \text{ ml}}$$

3.- Pesos netos (mg) y área muestreada (cm<sup>2</sup>): Tabla 3, Apéndice I

| No. lam. | agua    | sal    | m.o.  | s.o.  | terr.  | área |
|----------|---------|--------|-------|-------|--------|------|
| 1A       | 1805.33 | 111.33 | 21.53 | 62.66 | 170.27 | 7.56 |

donde:

agua = peso del agua intersticial en la lámina (SH-SS)

sal = peso de las sales solubles eliminadas (SS-SSc/s).

m.o. = peso de la materia orgánica oxidada (SSc/s-FBTc/mo)

s.o. = peso del sílice opalino eliminado y corregido por sustracción de alicuota:

$$s.o. = \frac{FBTc/mo (FBTc/mo - P.A1)}{FBTc/mo - P.A1} - FTc/so$$

terr = peso de la fracción terrígena corregida por sustracción de alicuota:

$$terr = \frac{FBTc/mo}{FBTc/mo - P.A1} - FTc/so$$

4.- Razón de acumulación (mg/cm<sup>2</sup>/lam): Tabla 4, Apéndice I

| No. lam | agua   | sal   | m.o. | s.o. | terr  |
|---------|--------|-------|------|------|-------|
| 1A      | 238.80 | 14.73 | 2.85 | 8.29 | 22.52 |

donde los pesos netos han sido divididos entre su área de deposición correspondiente.



agua: contenido de agua intersticial

sal: sales solubles

m.o.: materia orgánica

s.o.: sílice opalino (fracción biogénica)

terr: fracción terrígena

5.- Porcentajes relativos: Tabla 5, Apéndice I

|    |          |       |      |      |      |      |
|----|----------|-------|------|------|------|------|
| a) | No. lam. | agua  | sal  | m.o. | s.o. | terr |
|    | 1A       | 83.15 | 5.13 | 0.99 | 2.89 | 7.84 |

donde todos los componentes forman un 100%, es decir, están con respecto al peso húmedo del sedimento total.

|    |          |       |      |       |       |
|----|----------|-------|------|-------|-------|
| b) | No. lam. | sal   | m.o. | s.o.  | terr  |
|    | 1A       | 30.44 | 5.89 | 17.13 | 46.55 |

donde el peso del agua no fué considerado, es decir, los porcentajes están con respecto al peso seco del sedimento total.

|    |          |      |       |       |
|----|----------|------|-------|-------|
| c) | No. lam. | m.o. | s.o.  | terr  |
|    | 1A       | 8.46 | 24.62 | 66.91 |

donde el peso seco de las sales solubles no fué considerado, es decir, los porcentajes están con respecto a las fracciones terrígena y biogénica, y la materia orgánica.

|    |          |       |       |
|----|----------|-------|-------|
| d) | No. lam. | s.o.  | terr  |
|    | 1A       | 26.90 | 73.10 |

donde sólo el peso de la fracción biogénica y el de la terrígena fueron considerados.

B) Análisis de la distribución de tamaños de las partículas:

Se consideran aquí a la fracción total (compuesta de la suma del material biogénico y terrígeno) y a la fracción terrígena. De una alícuota de cada lámina, se analizó cada fracción en dos réplicas (conteos) de las cuales se obtuvo un promedio para cada intervalo de tamaño. A los promedios de cada intervalo en la fracción total se les sustrajo con los promedios correspondientes de la fracción terrígena y se obtuvo por diferencia la fracción biogénica. En cada fracción, el número de partículas en cada intervalo de clase se multiplicó por el volumen del punto medio del intervalo de tamaño, para convertir los valores de números de partículas a los volúmenes totales en cada intervalo de tamaño. Los 16 intervalos de clase, en unidades  $\phi$ , diámetro en  $\mu\text{m}$  y volumen en  $\mu\text{m}^3$  se presentan en la Fig. 11. Los productos del volumen y número de partículas biogénicas y terrígenas en tres sentidos diferentes: con respecto a la distribución misma (denominado DPV); con respecto a la secuencia estratigráfica (denominada ZPV); y con respecto a ambas (denominada ZDPV).



### 1.- Registro original de las réplicas (conteos):

En la tabla 1 se ejemplifica el caso de la lámina 1A, con sus dos fracciones y sus dos conteos (réplicas) en cada una de ellas. Las clases o intervalos de tamaños están referenciados en diámetro equivalente de una esfera ( $\mu\text{m}$ ).

### 2.- Promedios y conversión de conteos a volúmenes:

En la tabla 2 se muestran los datos transformados de la tabla 1, donde:

- $X_{\text{FTOT}}$  = promedio de las dos réplicas de la fracción total.  
 $X_{\text{FT}}$  = promedio de las dos réplicas de la fracción terrígena.  
 $X_{\text{FB}}$  = diferencia resultante de  $X_{\text{FTOT}} - X_{\text{FT}}$   
 $\text{VPB}$  = volumen de las partículas biogénicas ( $X_{\text{FB}}$ ).  
 $\text{VPT}$  = volumen de las partículas terrígenas ( $X_{\text{FT}}$ ).

En esta tabla se ha referenciado los intervalos con los diámetros equivalentes esféricos y los volúmenes en el punto medio de cada intervalo, así como las unidades de  $\phi$  equivalentes.

### 3.- Graficado del número de partículas y volúmenes contra intervalos de tamaño:

La abundancia de partículas en la fracción total (biogé-

| intervalo      |      | C O N T E O S     |      |                       |      |
|----------------|------|-------------------|------|-----------------------|------|
| diámetro<br>μm |      | fracción<br>total |      | fracción<br>terrágena |      |
| L.S.           | P.M. | C1                | C2   | C1                    | C2   |
| 1.4            | 2.3  | 1092              | 1075 | 590                   | 611  |
| 2.4            | 2.7  | 4025              | 4075 | 2010                  | 2058 |
| 2.9            | 3.0  | 1998              | 1940 | 955                   | 956  |
| 3.1            | 3.3  | 2349              | 2367 | 1134                  | 1130 |
| 3.5            | 3.7  | 3473              | 3455 | 1208                  | 1213 |
| 4.0            | 4.3  | 4698              | 4625 | 1778                  | 1793 |
| 4.7            | 5.2  | 5201              | 5227 | 1910                  | 1940 |
| 5.8            | 6.2  | 2803              | 2764 | 971                   | 1004 |
| 6.6            | 7.0  | 1981              | 1913 | 675                   | 697  |
| 7.5            | 8.2  | 1706              | 1642 | 536                   | 559  |
| 8.9            | 9.7  | 873               | 910  | 314                   | 326  |
| 10.5           | 11.6 | 564               | 546  | 187                   | 182  |
| 12.9           | 14.2 | 246               | 269  | 92                    | 93   |
| 15.7           | 18.0 | 150               | 137  | 63                    | 65   |
| 20.6           | 23.5 | 46                | 40   | 24                    | 26   |
| 26.8           | 37.0 | 12                | 9    | 4                     | 6    |
| 50.6           |      |                   |      |                       |      |

Tabla 1 Registro original de las réplicas (conteos), ejemplo de la lámina 1A.

| PUNTO MEDIO DEL<br>INTERVALO |      |                 | NUMERO DE PARTICULAS |                 |                 | VOLUMEN DE LAS<br>PARTICULAS |          |
|------------------------------|------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------|
| φ                            | μm   | μm <sup>3</sup> | X <sub>FTOT</sub>    | X <sub>FT</sub> | X <sub>FB</sub> | VPB                          | VPT      |
| 8.8                          | 2.28 | 6.26            | 1084                 | 601             | 483             | 3023.6                       | 3759.1   |
| 8.6                          | 2.66 | 9.84            | 4050                 | 2034            | 2016            | 19837.4                      | 20014.6  |
| 8.4                          | 3.02 | 14.48           | 1969                 | 956             | 1014            | 14675.5                      | 13835.6  |
| 8.2                          | 3.31 | 19.01           | 2358                 | 1132            | 1226            | 23392.1                      | 21598.6  |
| 8.1                          | 3.72 | 27.12           | 3464                 | 1211            | 2254            | 61114.9                      | 32828.8  |
| 7.9                          | 4.33 | 42.62           | 4662                 | 1786            | 2876            | 134079.1                     | 83240.0  |
| 7.6                          | 5.21 | 74.04           | 5214                 | 1925            | 3289            | 243517.6                     | 142527.0 |
| 7.3                          | 6.16 | 122.3           | 2784                 | 988             | 1796            | 323609.7                     | 120810.8 |
| 7.2                          | 7.04 | 182.9           | 1947                 | 686             | 1261            | 271499.8                     | 230536.0 |
| 6.9                          | 8.19 | 287.3           | 1674                 | 548             | 1127            | 305941.4                     | 157280.3 |
| 6.7                          | 9.68 | 474.7           | 892                  | 320             | 572             | 248569.2                     | 151888.0 |
| 6.4                          | 11.6 | 824.7           | 555                  | 185             | 371             | 305941.4                     | 152146.1 |
| 6.1                          | 14.2 | 1506            | 258                  | 93              | 165             | 248569.2                     | 139349.4 |
| 5.8                          | 18.0 | 3043            | 144                  | 64              | 80              | 241903.4                     | 194739.8 |
| 5.4                          | 23.5 | 6795            | 43                   | 25              | 18              | 122313.8                     | 169880.3 |
| 4.8                          | 36.9 | 26365           | 11                   | 5               | 6               | 145004.8                     | 131822.5 |

Tabla 2 Promedios de los conteos en la fracción total y en la fracción terrígena, obtención de la distribución de la fracción biogénica (por diferencia de  $X_{FTOT} - X_{FT}$ ). Y conversión del número de partículas a volúmenes equivalentes.

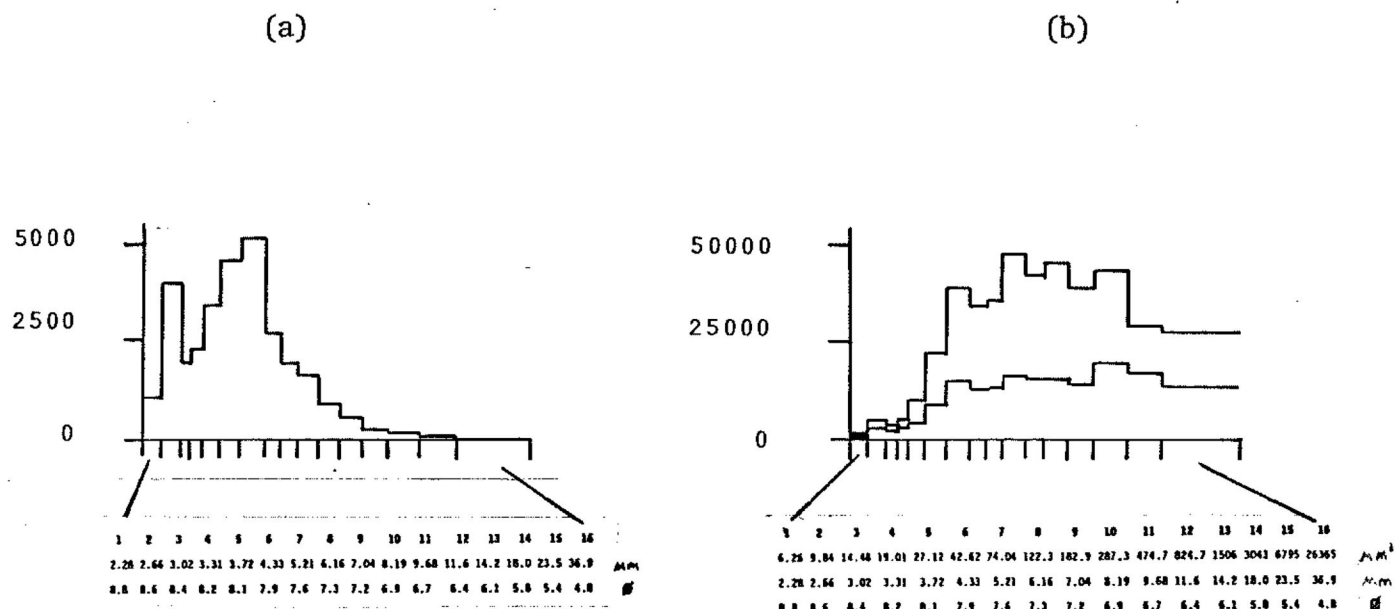


Figura 12 (a) Distribución de abundancia de partículas en la fracción total (biogénicos más terrígenos). La escala vertical es aritmética y representa el número total de partículas en cada uno de los 16 intervalos, los cuales están en escala logarítmica (de base 2) y tienen sus equivalencias en mícra y en unidades de phi.

(b) Transformación de la distribución de abundancia del número total de partículas a distribución de volúmenes de las partículas para la fracción total y para la fracción terrígena, la diferencia es para la fracción biogénica.

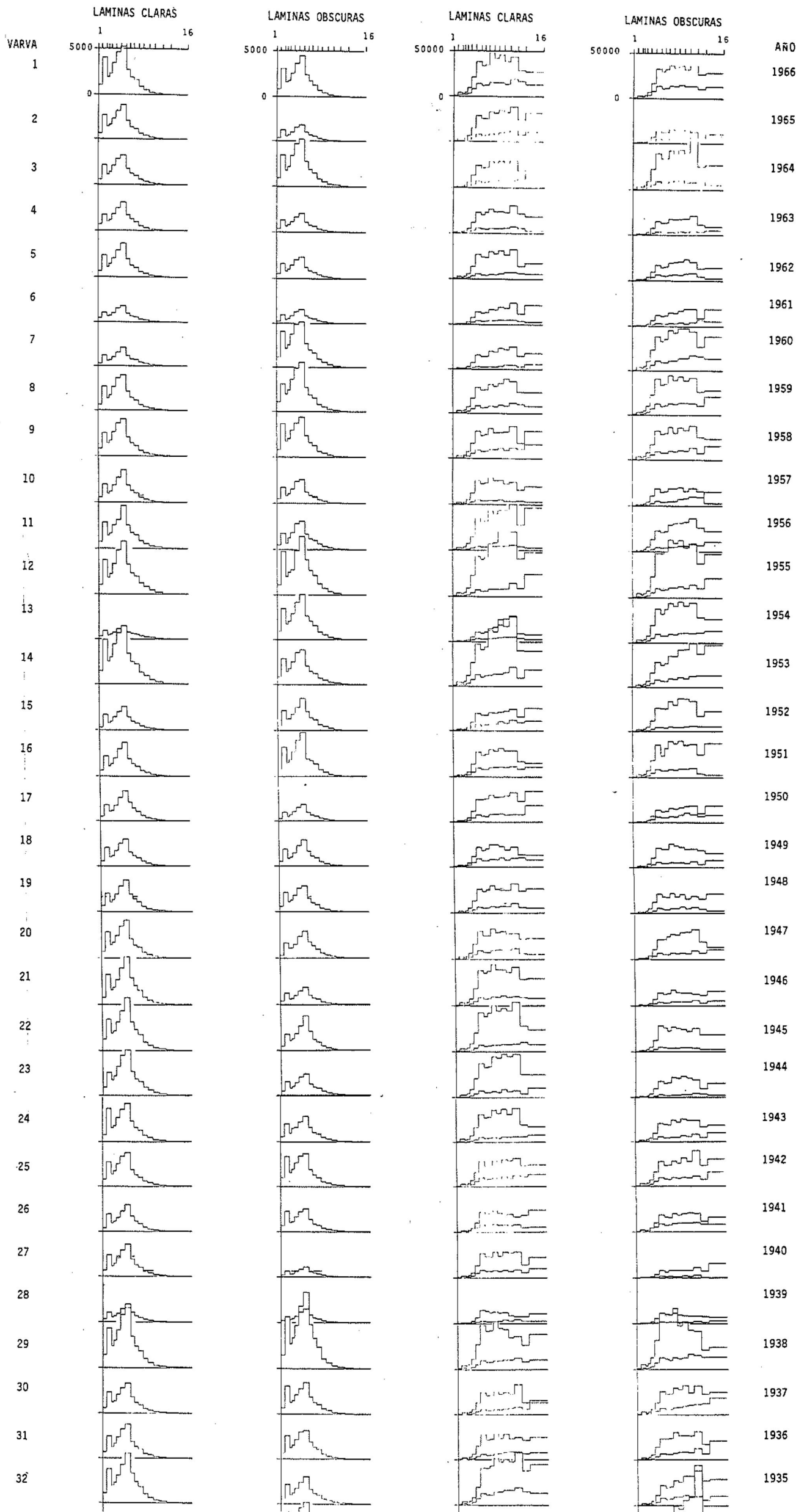
(a)

Figura 18

(b)

NUMERO DE PARTICULAS

VOLUMEN DE LAS PARTICULAS



los 16 intervalos de tamaño en cada una de las cuatro series:  
 CTPV (volumen de las partículas terrígenas en láminas claras),  
 OTPV (volumen de las partículas terrígenas en láminas oscuras),  
 CBPV (volumen de las partículas biogénicas en láminas claras) y  
 OBPV (volumen de las partículas biogénicas en láminas oscuras).  
 La transformación de los datos originales a datos estandarizados  
 se hizo para quitar el promedio de un mismo intervalo en toda  
 la serie y dividirlo por la desviación estándar de la serie  
 según la relación:

$$Z_{ji} = \frac{X_{ji} - \bar{X}_i}{S_i}$$

donde:  $j = (\text{lámina } 1, 2, 3, \dots, 33)$

$i = (\text{intervalo } 1, 2, 3, \dots, 16)$

$Z_{ji}$  = valor estandarizado en la lámina  $j$  del intervalo  $i$ .

$X_{ji}$  = valor del volumen de las partículas en la lámina  $j$   
del intervalo  $i$ .

$\bar{X}_i$  = valor del promedio del volumen de las partículas  
en el intervalo  $i$  en las 33 láminas.

$S_i$  = desviación estándar de los valores del intervalo  $i$   
en las 33 láminas.

En la figura 13 se ilustra un ejemplo gráfico de esta transformación utilizando como referencia 5 láminas de la serie CTPV y el resultado en las láminas de la serie ZCTPV. La serie completa de éstas últimas se presenta en la figura 20 en los resultados.



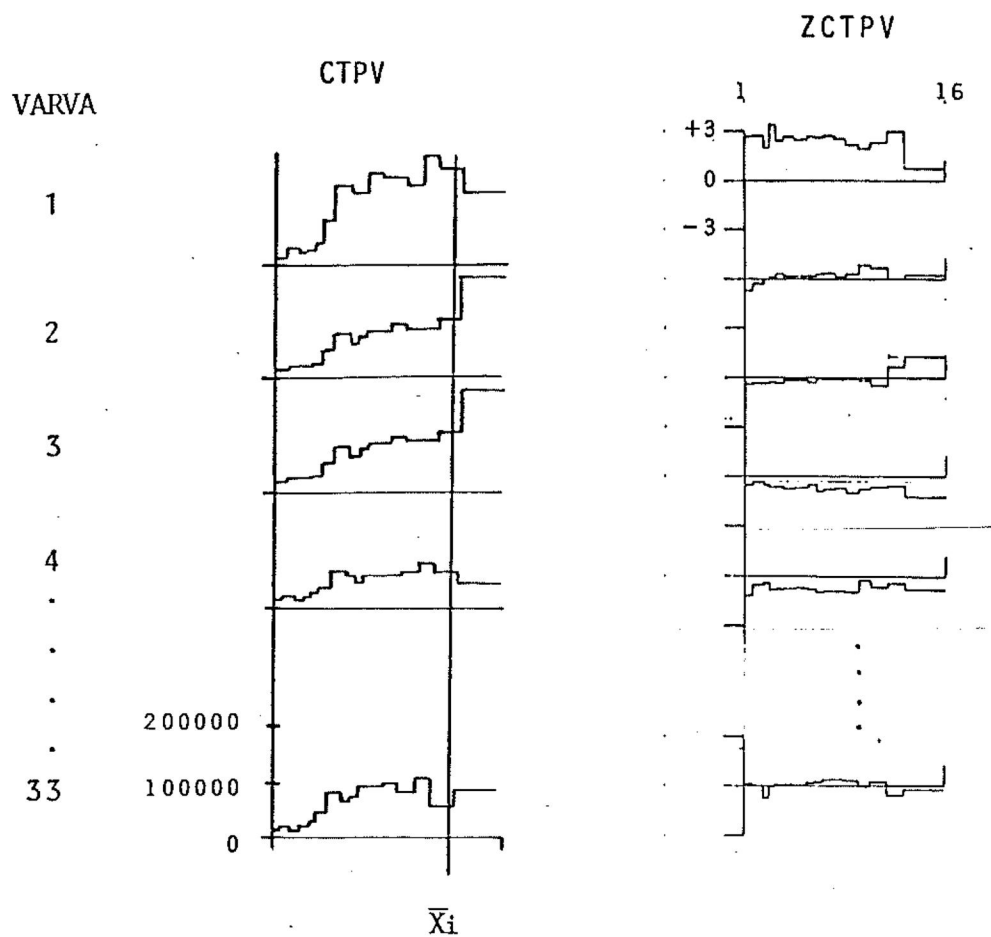


Figura 13 Ejemplo de la transformación  $Z_{ji}$  utilizando como referencia 5 láminas de la serie CTPV y el resultado en la serie ZCTPV.

### 5.- Estandarización con respecto a la distribución individual:

Aquí se considera únicamente la variación de la distribución individual, quitando el efecto de la abundancia de partículas en las láminas de toda la secuencia estratigráfica. Esto evita que las láminas más abundantes dominen con su promedio a las distribuciones de las más pequeñas y viceversa, resultando en una mejor distinción de los modos de tamaño de la distribución individual.

La estandarización se hizo en cada una de las 33 láminas de las series CTPV, OTPV, CBPV y OBPV. La transformación de los valores de volumen de las partículas en los 16 intervalos de cada lámina sigue la relación:

$$D_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j}$$

donde:  $D_{ij}$  = valor estandarizado en el intervalo  $i$  de la lámina  $j$ .

$X_{ij}$  = valor del volumen de las partículas en el intervalo  $i$  en la lámina  $j$ .

$\bar{X}_j$  = valor del promedio del volumen de las partículas en los 16 intervalos de tamaño de la lámina  $j$ .

$S_j$  = desviación estándar de los valores a través de los 16 intervalos de tamaño en la lámina  $j$ :

$$S_j = \frac{\sum X_{ij}^2 - 16\bar{X}_j^2}{16 - 1}$$

En la figura 14 se ilustra un ejemplo gráfico de esta transformación utilizando como referencia 5 láminas de la serie CTPV y el resultado en las láminas de la serie DCTPV. La serie completa de éstas últimas se presenta en la Figura 22 en los resultados.

#### 6.- La doble estandarización

En las estandarizaciones anteriores se ha considerado la variación de las distribuciones entre láminas (ZPV) conteniendo el efecto de la abundancia de partículas y la variación entre distribuciones (DPV) sin el efecto de la abundancia de partículas. La doble estandarización (ZDPV) es un artificio para ver la variación de las distribuciones sin el efecto de cantidad total de partículas en la forma de "anomalías" arriba o abajo el promedio, en unidades de la desviación estándar, para cada intervalo a través de la serie de las 33 láminas.

La doble estandarización se hizo en cada uno de los 16 valores estandarizados con respecto a sus distribuciones individuales (SCTPV, SOTPV, SCBPV y SOBPV). Se quitó el promedio de los valores estandarizados con respecto a la distribución en un mismo intervalo de la serie y se dividió por sus desviación estándar según la siguiente relación:

$$Z_{ji}D_{ij} = \frac{D_{ij} - \bar{D}_i}{S_i}$$

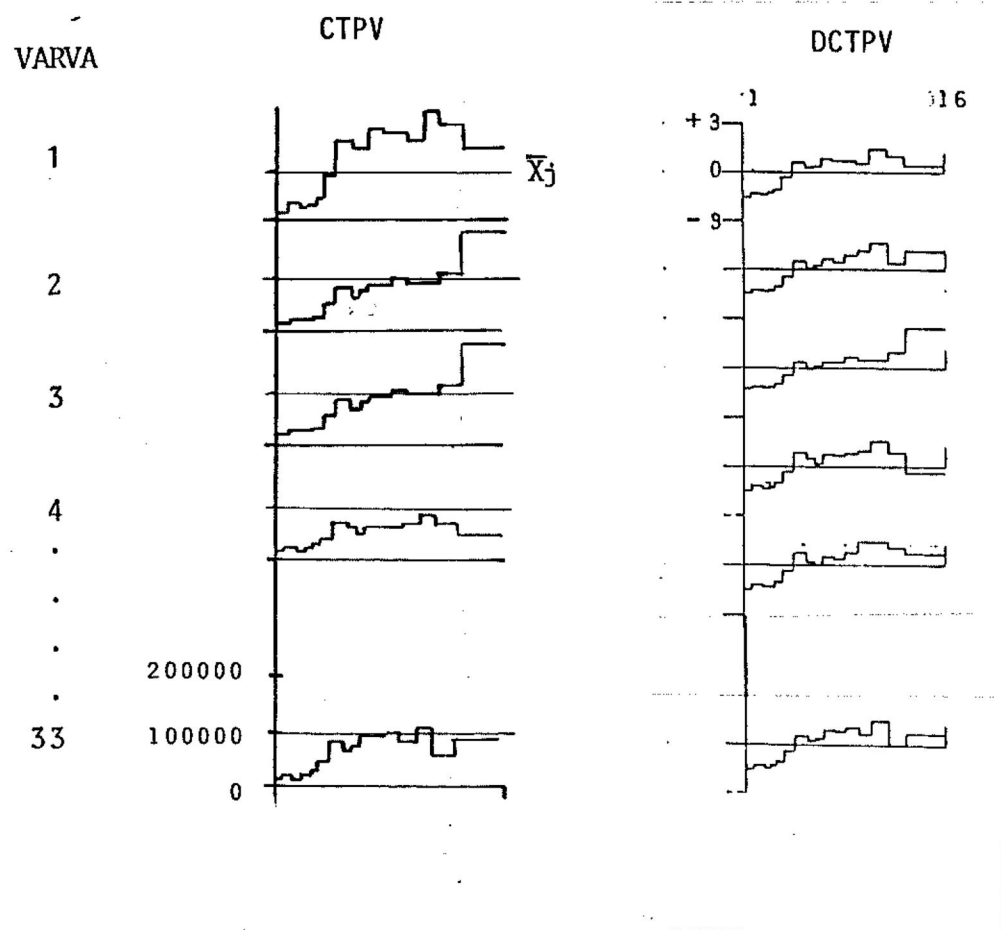


Figura 14 Ejemplo de la transformación  $D_{ij}$  utilizando como referencia 5 láminas de la serie CTPV y el resultado en la serie DCTPV.

donde:  $Z_{ji}D_{ij}$  = valor doblemente estandarizado en la lámina  $j$  del intervalo  $i$ .

$D_{ij}$  = valor estandarizado en forma  $D$  del volumen de las partículas en la lámina  $j$  del intervalo  $i$ . (Ver relación hoja anterior).

$\bar{D}_i$  = valor del promedio del volumen de las partículas estandarizadas en forma  $D$  en el intervalo  $i$  a lo largo de la serie de 33 láminas.

$S_i$  = desviación estándar de los valores estandarizados en forma  $D$  del intervalo  $i$  a lo largo de la serie de 33 láminas.

En la figura 15 se ilustra un ejemplo gráfico de esta transformación utilizando como referencia 5 láminas de la serie SCTPV y el resultado en las láminas de la serie ZDCTPV. La serie completa de éstas últimas se presenta en la figura 25 en los resultados.

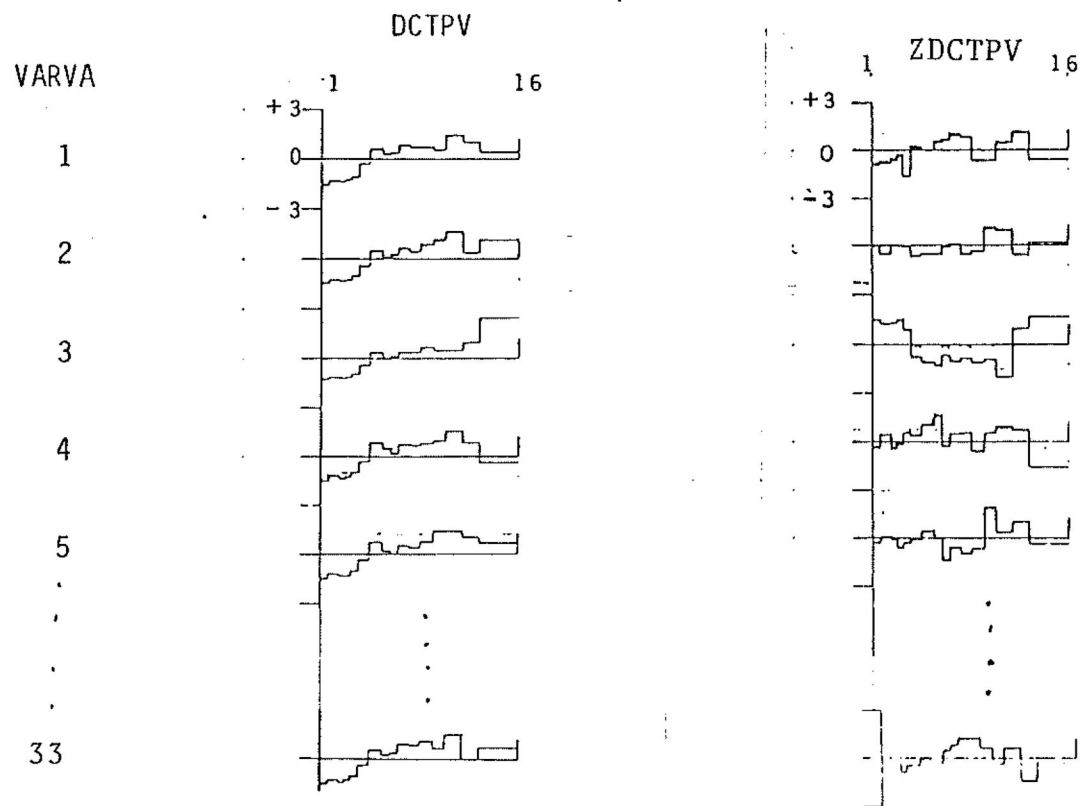


Figura 15 Ejemplo de la transformación ZijDji  
utilizando como referencia 5 láminas  
de la serie DCTPV y el resultado en  
la serie ZDCTPV.

## RESULTADOS

### Componentes Sedimentarios

Las unidades de la razón de acumulación de los componentes sedimentarios principales están dadas en sus valores absolutos de unidad de peso (mg) por unidad de área ( $\text{cm}^2$ ) por unidad estratigráfica (lámina), donde cada lámina representa una estación climática y la columna estratigráfica compuesta por 33 partes de láminas (varvas) está en unidades cronoestratigráficas con precisión de  $\pm 1$  año. La razón de acumulación de los componentes sedimentarios en las varvas está representada de dos maneras en este trabajo: la razón de acumulación diferenciada estacionalmente y la razón de acumulación continua.

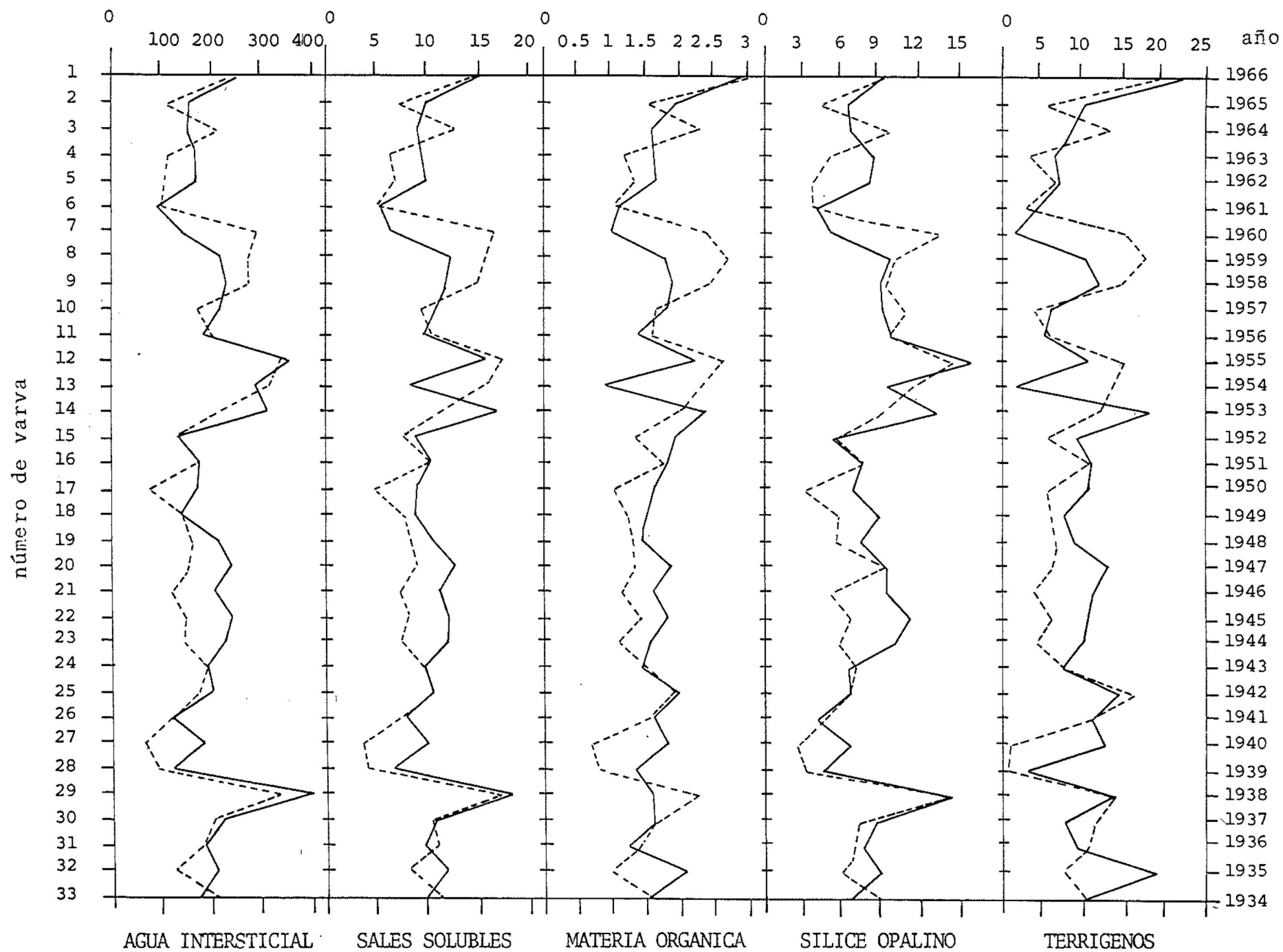
#### A) Razón de acumulación diferenciada estacionalmente:

Los componentes sedimentarios se graficaron separadamente para láminas claras y para láminas oscuras en la Figura 16. Es claro que la variabilidad de un componente es apreciablemente diferente en ambos tipos de láminas. Además, la variabilidad de los componentes en general es linealmente proporcional; a mayor contenido de algún componente en cierta lámina clara, mayor contenido de los demás componentes en esa misma lámina, lo mismo para láminas oscuras pero no entre sí, o sea, entre láminas oscuras y claras. Esto indica que en la mayoría de las láminas la señal estacional no se mezcla o cambia aleatoriamente entre los componentes.

Figura 16. Razón de acumulación del contenido de agua intersticial, sales solubles, materia orgánica, sílice opalino (material biogénico) y terrígenos (material terrígeno) en términos de  $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{lámmina}$  diferenciados estacionalmente; láminas claras (línea continua) y láminas oscuras (línea punteada).

Figura 17. Razón de acumulación continua del contenido de agua intersticial, materia orgánica, sílice opalino (material biogénico) y terrígenos (material terrígeno) en términos de  $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{lámmina}$ .





AGUA INTERSTICIAL

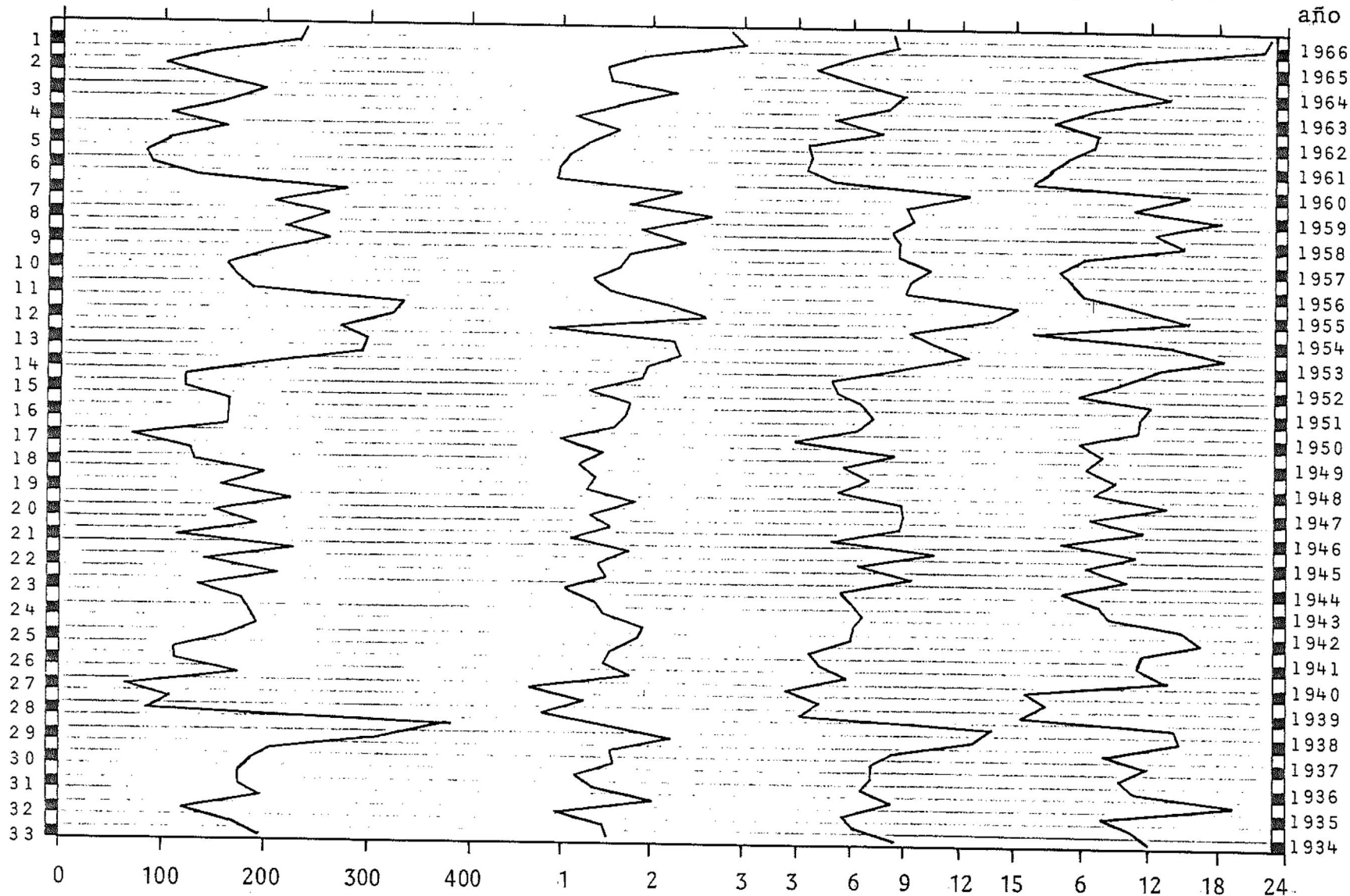
MATERIA ORGANICA

SILICE OPALINO

TERRIGENOS

número de varva

año



mg/cm²/lámina

- 1) El contenido de agua intersticial en 27 de las 33 láminas claras fué mayor que en láminas oscuras, y su promedio fué de 191.8 mg/cm /lám., mientras que en láminas oscuras fué de 170.0 mg/cm /lám. Esto representa respectivamente un 86.3% y un 86.1% del peso húmedo de la masa sedimentaria total.
- 2) El contenido de sales solubles en 24 de las 33 láminas claras fué mayor que en láminas oscuras y su promedio fué de 10.3 mg/cm /lám., mientras que en láminas oscuras fué de 9.6 mg/cm /lám. Esto representa respectivamente un 35.0% y un 35.9% del peso seco de la masa sedimentaria total.
- 3) El contenido de materia orgánica en 21 de las 33 láminas claras fué mayor que en las láminas oscuras y su promedio en las claras fué de 1.64 mg/cm /lám., mientras que en láminas oscuras fué de 1.60 mg/cm /lám. En porcentajes la relación entre láminas oscuras y claras es la inversa: 8.8% en las claras y 9.7% en las oscuras, del peso seco de la masa sedimentaria libre de sales solubles.
- 4) El contenido de material biogénico (sílice opalino) en 22 de las 33 láminas fué mayor que en láminas oscuras y su promedio fué de 7.8 mg/cm /lám., mientras que en láminas oscuras fué de 7.0 mg/cm /lám. Esto representa respectivamente un 45.6% y un 46.1% del peso seco de los componentes biogénicos y terrígenos, libres de sales solubles y de materia orgánica. En porcentajes la relación es también inversa a la de los valores absolutos, aunque la diferencia entre láminas es muy pequeña.

5) El contenido de material terrígeno en 22 de las 33 láminas claras fué también mayor que en láminas oscuras y su promedio fué de 10.1 mg/cm /lám., mientras que en láminas oscuras fué de 9.3 mg/cm /lám. Esto representa respectivamente un 54.3% y un 53.9% del peso seco de los componentes biogénicos y terrígenos, libres de sales solubles y de materia orgánica.

Aunque la razón de acumulación de los componentes sedimentarios en el 70% de los casos es mayor en láminas claras que en oscuras, en varios de estos casos la diferencia es muy pequeña. Haciendo una discriminación más fina de las razones de acumulación entre láminas claras y oscuras, se encuentra que el componente biogénico es significativamente mayor en láminas clars sólo en 14 varvas; es casi igual en 15 varvas, y es claramente mayor en láminas oscuras en 4 varvas. Para el componente terrígeno esta relación es 14:12:7. Esta observación indica que generalmente hay cantidades similares de componentes biogénicos y terrígenos en los dos tipos de lámina y en algunos casos, más material de ambos componentes en las láminas claras que en las oscuras. Sin embargo, la Figura 16, demuestra que hay períodos cortos, entre uno y tres años, en los cuales se encuentran cantidades mayores y apreciables de material biogénico y/o terrígeno en las láminas oscuras. Los datos de la Figura 16 se resumen numéricamente en la Tabla 4 del apéndice I.

La Tabla 3 es un resumen de los promedios diferenciados para láminas oscuras y claras, de las razones de acumulación de agua in-

| LAMINAS  | AGUA<br>INTERSTICIAL | SALES<br>SOLUBLES | MATERIA<br>ORGANICA | SILICE<br>OPALINO | MATERIAL<br>TERRIGENO |      |
|----------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|------|
| CLARAS   | 86.27                | 4.75              | 0.78                | 3.54              | 4.65                  | 100% |
| OBSCURAS | 86.13                | 4.92              | 0.84                | 3.57              | 4.53                  |      |
| CLARAS   |                      | 35.05             | 5.68                | 26.67             | 32.60                 | 100% |
| OBSCURAS |                      | 35.88             | 6.15                | 26.27             | 31.70                 |      |
| CLARAS   |                      |                   | 8.80                | 41.56             | 49.65                 | 100% |
| OBSCURAS |                      |                   | 9.70                | 41.47             | 48.83                 |      |
| CLARAS   |                      |                   |                     | 45.63             | 54.27                 | 100% |
| OBSCURAS |                      |                   |                     | 46.14             | 53.86                 |      |

Tabla 3 Promedios diferenciados para láminas claras y oscuras, de las razones de acumulación de los cinco componentes principales. Notese que estos porcentajes no indican gran diferencia entre los dos tipos de láminas.

tersticial, sales solubles, materia orgánica, sílice opalino y material terrígeno en términos de porcentajes. Es interesante notar que los porcentajes de los parámetros promediados no indican gran diferencia entre las láminas claras y oscuras. En la Tabla 3 se observa que el sedimento seco, libre de sales, el componente que tiene la diferencia más marcada entre láminas claras y oscuras es la materia orgánica. La materia orgánica es un 9% mayor en láminas oscuras. Las diferencias entre láminas oscuras y claras para los componentes biogénicos y terrígenos son menos de 1% y cerca del 2% respectivamente. Los datos usados para calcular los promedios de la Tabla 3, se encuentran en la Tabla 5 del apéndice I.

B) Razón de acumulación continua:

Aquí los componentes sedimentarios, exceptuando las sales solubles (que son casi un reflejo del contenido de agua), se graficaron en su orden estratigráfico natural (Figura 17). Se consideran importantes los siguientes aspectos: la variabilidad de todos los componentes con respecto al tiempo parece tener carácter estacional (es decir, un período anual, ver particularmente 1944 a 1951); además se distinguen períodos, o por lo menos cuasi-períodos, de variación más largos, los cuales son generalmente consistentes entre todos los componentes principales, de duraciones aproximadas entre 5 y 15 ó 18 años.

Es notoria también la semejanza entre el comportamiento de los componentes, principalmente el contenido de agua intersticial con el

material biogénico (sílice opalino) y de la materia orgánica con el material terrígeno. Más adelante se discute esta relación con más detalle.

### Distribuciones de Tamaño

Las distribuciones de tamaño de la suma de partículas biogénicas y terrígenas (fracción total), se graficaron en forma de histogramas de número de partículas contra tamaño en dos series; para láminas claras y para láminas oscuras. Posteriormente, el volumen de las partículas que ocurren en cada intervalo de tamaño en la fracción total y en la fracción terrígena, se graficaron en forma de histogramas con respecto a los intervalos de tamaño, resultando en una distribución polimodal más distintiva que la abundancia de partículas. Tomando la idea de Sheldon (1978), se consideró aquí que el uso del volumen de las partículas (en vez del número de partículas) es una medida importante por el efecto en el control de la microfabrica y porosidad del sedimento. Por esta razón se usó el volumen de las partículas en todas las operaciones siguientes.

La fracción terrígena se restó de la fracción total para obtener la distribución de la fracción biogénica. Estas dos fracciones, separadas para láminas claras y para láminas oscuras se estandarizaron en los tres sentidos explicados en el capítulo de Métodos, y se graficaron con respecto al tiempo y con respecto a los tamaños.

#### A) Abundancias y volúmenes de partículas:

La abundancia de partículas biogénicas y terrígenas en la frac-

ción total, separadas en láminas claras y en láminas oscuras, se presenta en la Figura 18a. Usando la escala logarítmica (de base 2), la forma de la distribución es prácticamente gaussiana, excepto que en el segundo intervalo ( $2.7 \mu\text{m}$ ,  $8.7 \phi$ ), se presenta una moda secundaria invariable. Un análisis realizado en un testigo, demostró que en los primeros tres intervalos de tamaño, el efecto de interferencia por ruido eléctrico produce una curva normal bien platicúrtica, con lo cual se pudo estimar que en los tres primeros intervalos de las distribuciones de tamaños, el 30, 70 y 30% respectivamente, de su "abundancia" es una contribución del ruido. Por lo tanto, la presencia real de la moda secundaria en el segundo intervalo es dudosa. Después de tomar en cuenta esta consideración, la distribución normal en la fracción total presentó la misma moda principal y persistente en el séptimo intervalo ( $5.2 \mu\text{m}$ ,  $7.58 \phi$ ), por lo tanto, su sesgo es siempre hacia los tamaños más finos. La variabilidad de la curtosis depende de la abundancia absoluta de partículas en las láminas, las cuales presentaron pocos casos extremos, como la 1 (1966), 12 (1955), 28 y 29 (1939 y 1938) y la 33 oscura (1934). Con respecto al efecto del tamizado en la fracción total, las gráficas de la Figura 18 a demuestran que no se truncó la distribución.

Al multiplicar el número absoluto de partículas en cada intervalo por su volumen equivalente (en  $\mu\text{m}^3$ ), las partículas de tamaños mayores aunque más escasas, contribuyeron con más importancia a las distribuciones de volúmenes y además en la mayoría de los casos adquirieron un carácter polimodal (Figura 18b). El efecto del ruido



eléctrico en los tres primeros intervalos disminuyó su importancia. En cambio se ve cómo el efecto de tamizado truncó la distribución. Es particularmente notorio, que algunos modos, principalmente en los intervalos mayores, persisten en ambas fracciones. Lo más sobresaliente de estos datos es la diferencia que existe entre los volúmenes de la fracción total y los de la fracción terrígena, la diferencia es la fracción biogénica, que parece dominar en general al material terrígeno en términos de volumen absoluto a partir del sexto intervalo ( $4.3 \mu m$ ,  $7.84 \phi$ ).

Las distribuciones promedio del volumen de las partículas biogénicas en láminas claras, biogénicas en láminas oscuras, terrígenas en láminas claras y terrígenas en oscuras (Figura 19), permiten unas observaciones interesantes. Primero, el promedio de las distribuciones biogénicas en láminas claras y en oscuras son prácticamente iguales con respecto a la forma de su distribución, sin embargo se ve que en cada intervalo hay más material (en términos de volumen) en las láminas claras que en las oscuras; aunque esta diferencia no es muy grande, se distingue claramente. Segundo, las formas de las distribuciones promedio de los terrígenos en láminas claras y oscuras también son prácticamente iguales, inclusive las cantidades (en términos de volumen) son muy similares en los dos tipos de láminas. Finalmente, la comparación entre las distribuciones promedio del material biogénico con la del material terrígeno demuestran que el volumen de los biogénicos domina al de los terrígenos en los dos tipos de lámina, pero esta dominancia sólo es

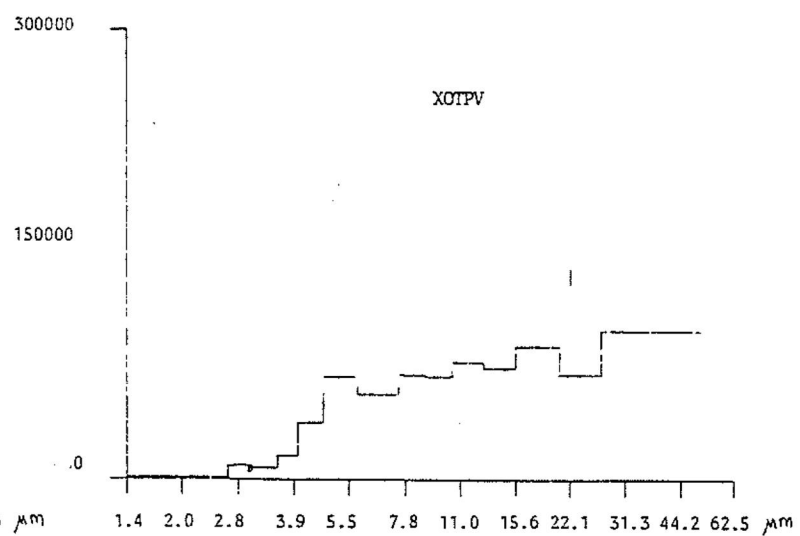
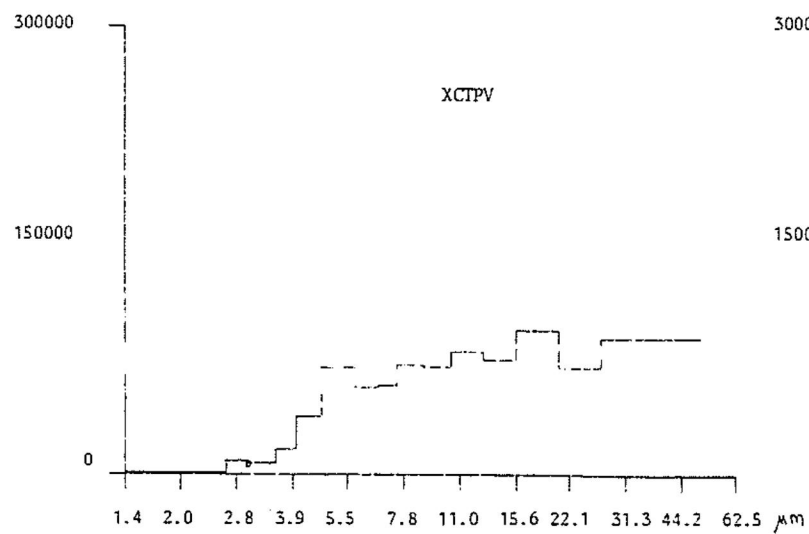
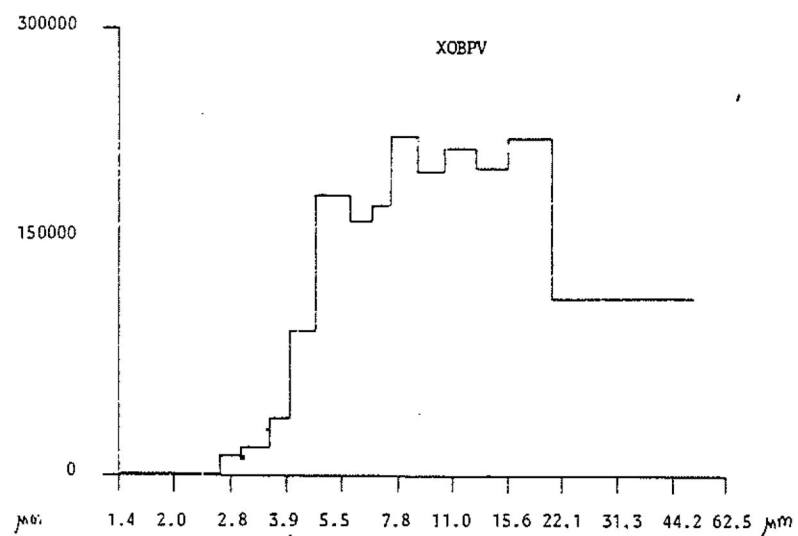
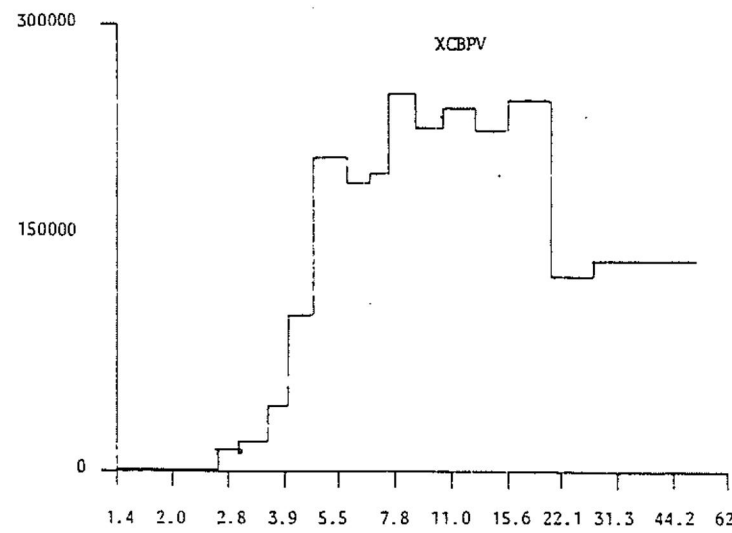


Figura 19

muy marcada entre el intervalo 5 y el 13. También es interesante notar que la forma de la distribución tanto para biogénicos como para terrígenos, se comportan de manera similar a pesar de las diferencias en sus volúmenes; casi cada escalón o pico de los modos menores ocurren de igual manera en los dos tipos de partículas y en los dos tipos de lámina.

#### B) Estandarizaciones de los datos de volúmenes de las partículas

Las transformaciones por estandarizaciones, se estructuraron para fines comparativos usando las cuatro series de las distribuciones de partículas terrígenas en láminas oscuras (OTPV) y en láminas claras (CTPV), y las partículas biogénicas en láminas oscuras (OBPV) y en láminas claras (CBPV). Las comparaciones de interés son principalmente de dos tipos. Primeramente, es interesante ver la variación dentro de las series mismas, individualmente, en el sentido vertical o estratigráfico; es decir, la variación entre láminas para cada serie. En segundo lugar, es interesante observar la variación entre las cuatro series en el sentido horizontal. Estas son las comparaciones por varva individual y entre láminas clara y oscura de la misma varva, con respecto a sus distribuciones de: 1) material terrígeno, 2) material biogénico, y entre las distribuciones del material terrígeno contra el material biogénico en 1) láminas oscuras y 2) láminas claras.

##### 1) Las transformaciones Zij:

Este tipo de estandarización quita el efecto de las diferen-

rencias entre cantidades del material biogénico y terrígeno, como se observa en la Figura 20. Las distribuciones transformadas y graficadas, son las desviaciones de la distribución promedio que se vió en la Figura 19. Los valores de volumen se dan en términos de las desviaciones estándar de cada intervalo de tamaño. En la Figura 20 se notan claramente las diferencias verticales en distribución y volumen total que se presentan entre varvas a través de la secuencia estratigráfica en cada serie individual. También se nota que en los terrígenos, así como en los biogénicos, hay casos de distribuciones más o menos similares entre láminas claras y oscuras (por ejemplo, en varvas 1, 4, 28 para los terrígenos, y en varvas 6, 12, 28, 29 para los biogénicos). También se encuentran comparaciones diferentes entre láminas oscuras y claras para los terrígenos, (por ejemplo, varvas 7 y 27) y para los biogénicos (por ejemplo, varvas 7, 23 y 33). Estas comparaciones se basan sobre todo en términos de volúmenes a través de las distribuciones, en lugar de las formas de las distribuciones.

Es importante hacer notar que los datos de la Figura 20 no indican una diferencia entre láminas claras y oscuras, ni en los terrígenos ni los biogénicos, que persiste a través de la secuencia de las 33 varvas. Esto no quiere decir que no hay diferencias obvias entre láminas claras y oscuras, sino que las diferencias no mantienen el mismo carácter a través de la secuencia estratigráfica. Al contrario, la impresión general

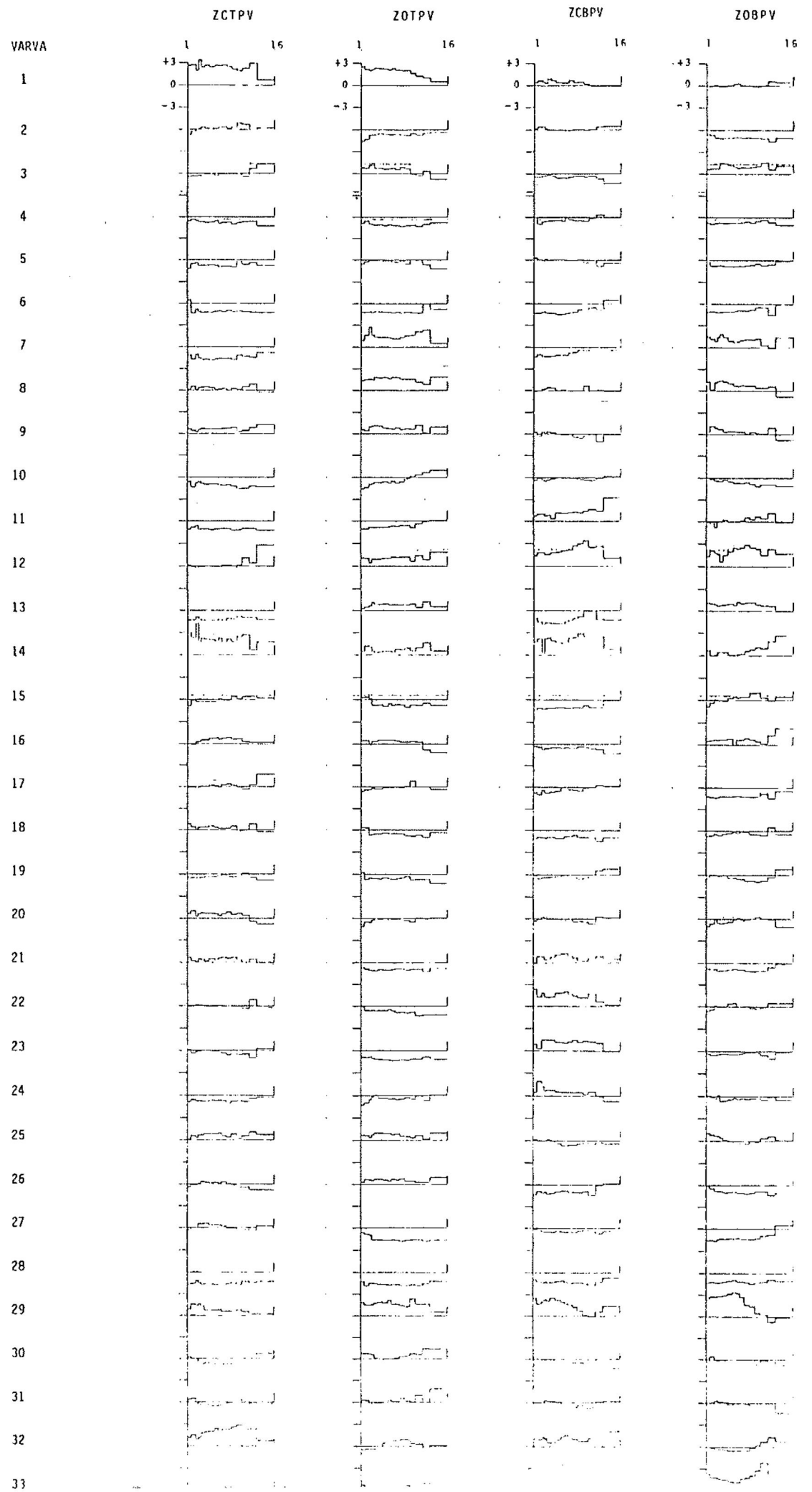
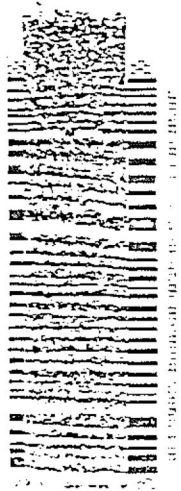


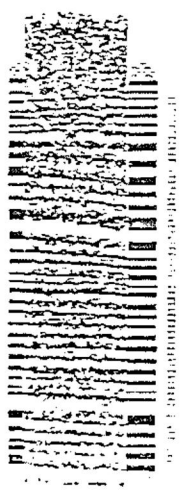
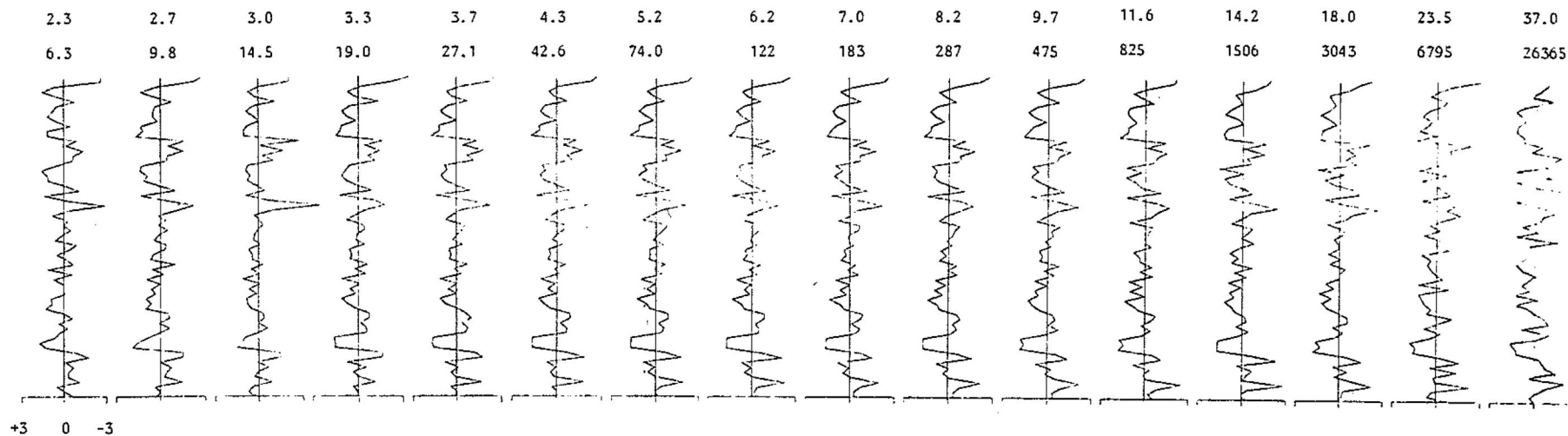
Figura 20

de las Figuras 19 y 20 es que hay más similitudes que diferencias entre láminas claras y oscuras.

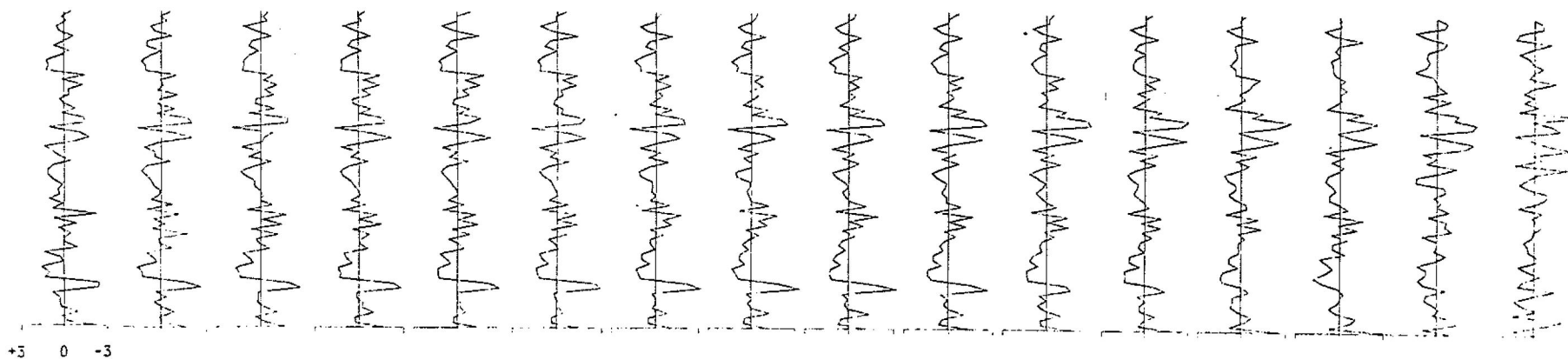
Otra manera para examinar los mismos datos transformados  $Z_{ij}$ , es viendo por separado a cada intervalo de tamaño. La Fig. 21 demuestra las secuencias estratigráficas continuas (de las 66 láminas claras y oscuras) separando entre terrígenos y biogénicos. Esta figura enfatiza la igualdad de las varianzas entre los intervalos de tamaño y entre el material terrígeno y el biogénico, como resultado de la transformación  $Z_{ij}$ . En esta figura se nota que la forma de la variación entre casi todos los intervalos es muy similar a lo largo de la secuencia estratigráfica para cada tipo de material. Es notorio que hay un decaimiento de la similitud en los biogénicos en los dos últimos intervalos, especialmente en el intervalo 16. Por ejemplo, el pico grande de las dos láminas de la varva 29 que sobresale en las gráficas del material biogénico, se puede seguir fácilmente hasta el intervalo 14, donde se pierde su carácter distintivo. Esta misma pérdida de similitud ocurre en las gráficas del material terrígeno, aunque no es tan marcada. Además, hay una similitud entre las curvas del material biogénico y del material terrígeno, que se puede verificar comparando los picos en los dos juegos de gráficas. Comparando la figura 21 con la figura 15, se ve claramente que en la Fig. 21 el control de la variación se origina en la cantidad de material presente en cada lámina, sin distinción entre clara u oscura. Las relaciones entre las



# Z T P V



# Z B P V



distribuciones de volumen y cantidades de materiales se tratan con más detalle en el capítulo de Discusion.

## 2) Las transformaciones Dji:

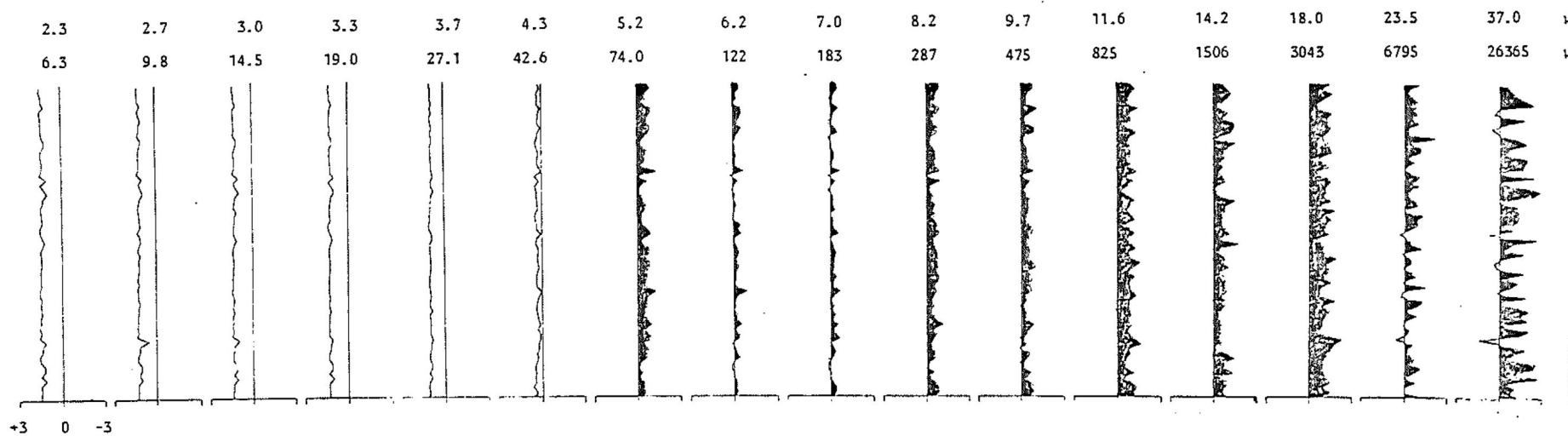
La estandarización de los datos de volúmenes de partículas de cada distribución, con su propio valor promedio y desviación estándar, quita el efecto de la diferencia en volumen total entre las distribuciones, y enfatiza las diferencias de sus formas. En la Fig. 22 se presentan las cuatro series estandarizadas, donde se puede observar como cambian los modos con respecto al tiempo y con respecto a su ocurrencia en láminas claras y oscuras en el material terrígeno y en el material biogénico. La Fig. 23 presenta las gráficas de los intervalos por separado en la secuencia continua. Se puede notar claramente el aumento en la varianza hacia los intervalos más grandes. Además esta figura indica en qué intervalos hay mayor o menor concentración de volumen de las partículas. De tal manera que se puede distinguir que en general el volumen del material biogénico está concentrado entre los intervalos 7 y 14, y del material terrígeno está concentrado entre los intervalos 7 a 10 y en el 16.

En las figuras 22 y 23 se puede apreciar que la variación en sentido estratigráfico en los datos de los intervalos más chicos (1-5), se dificulta por su pequeño rango de varianza. Además las grandes diferencias en las varianzas entre los

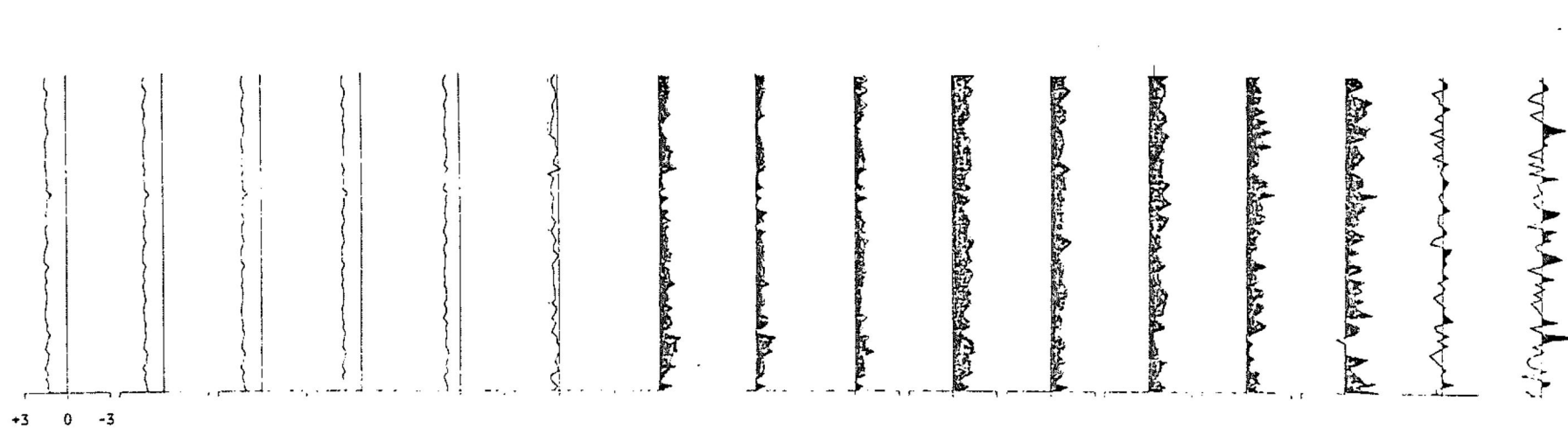




# DTPV



# DBPV



conjuntos de intervalos 1 al 5, y luego del 6 al 16 hace difícil, hasta imposible, ver la estructura de las variaciones que ocurren entre los intervalos de tamaño en la misma distribución de un parámetro, o entre las distribuciones en una varva dada; es decir, las variaciones horizontales. Para este fin es necesario amplificar la varianza de los primeros intervalos para igualarla con los intervalos medios y grandes.

### 3) Las transformaciones ZijDji

La Figura 24 muestra las distribuciones promedios calculados en cada serie estratigráfica de la Figura 22. Estas gráficas son equivalentes a las de la Figura 10, con valores en unidades de su desviación estandar. En la Figura 25 presenta los resultados de restar estos promedios a las distribuciones de cada serie, quedando así en forma de anomalías del promedio de su propia serie.

La Figura 25 permite seguir la evolución de las anomalías en la forma de la distribución a lo largo del tiempo, y con respecto a la variación entre láminas oscuras y claras, así como las comparaciones entre terrígenos y biogénicos en las mismas láminas. Es importante hacer notar que aunque no hay diferencias persistentes entre láminas claras y oscuras, pero a través de gran parte de la secuencia se pueden distinguir como evoluciona la distribución estratigráficamente, de una lámina oscura a una clara, a una oscura, etc., que indica cambios estacionales en el material biogénico o terrígeno.

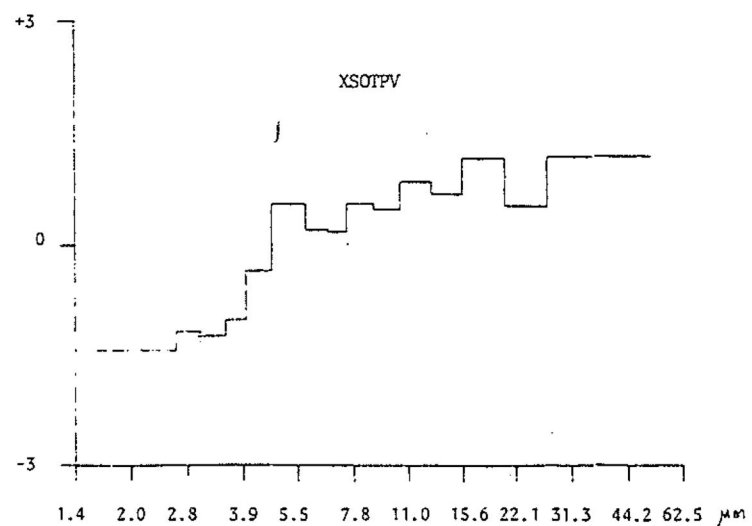
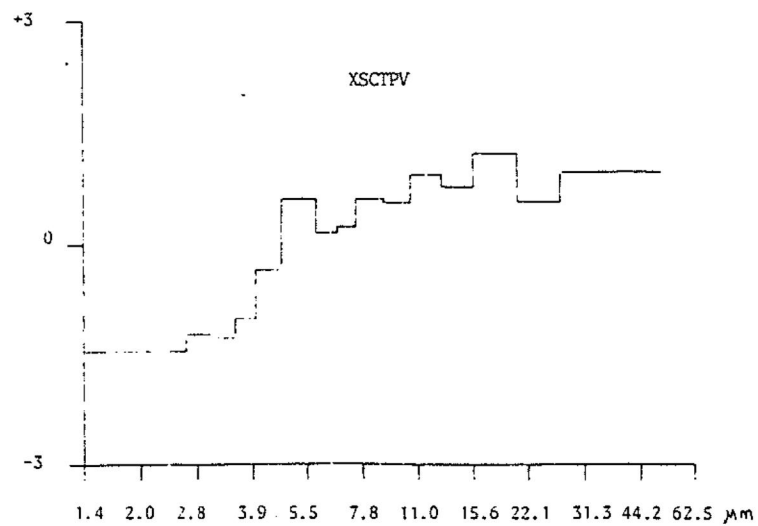
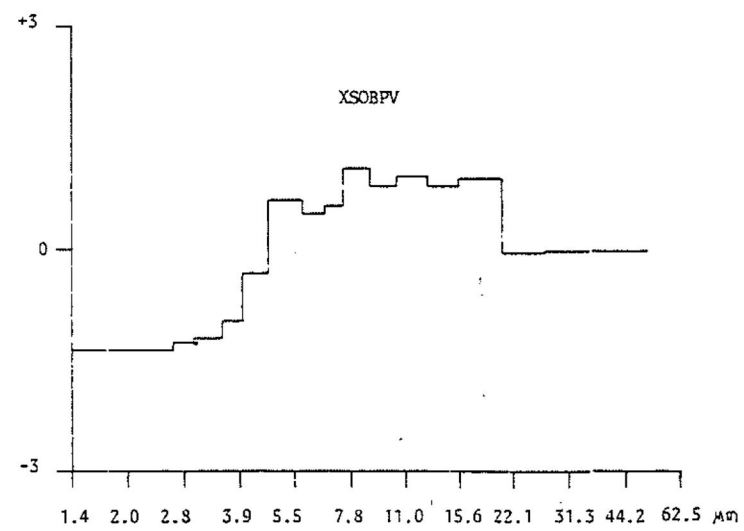
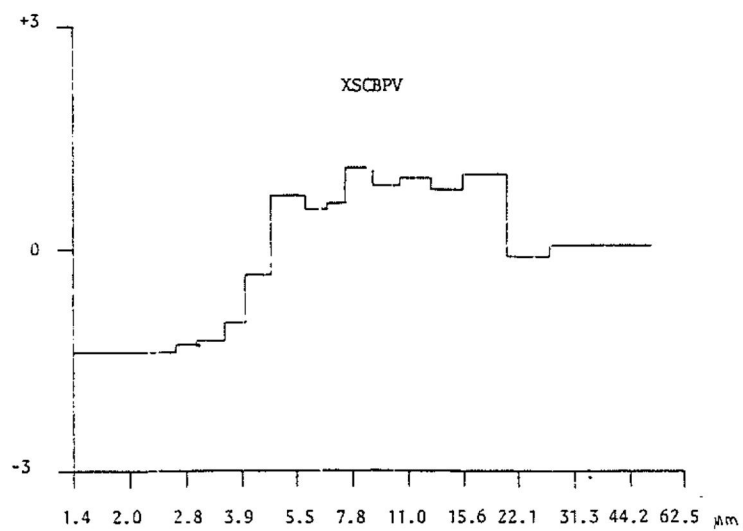
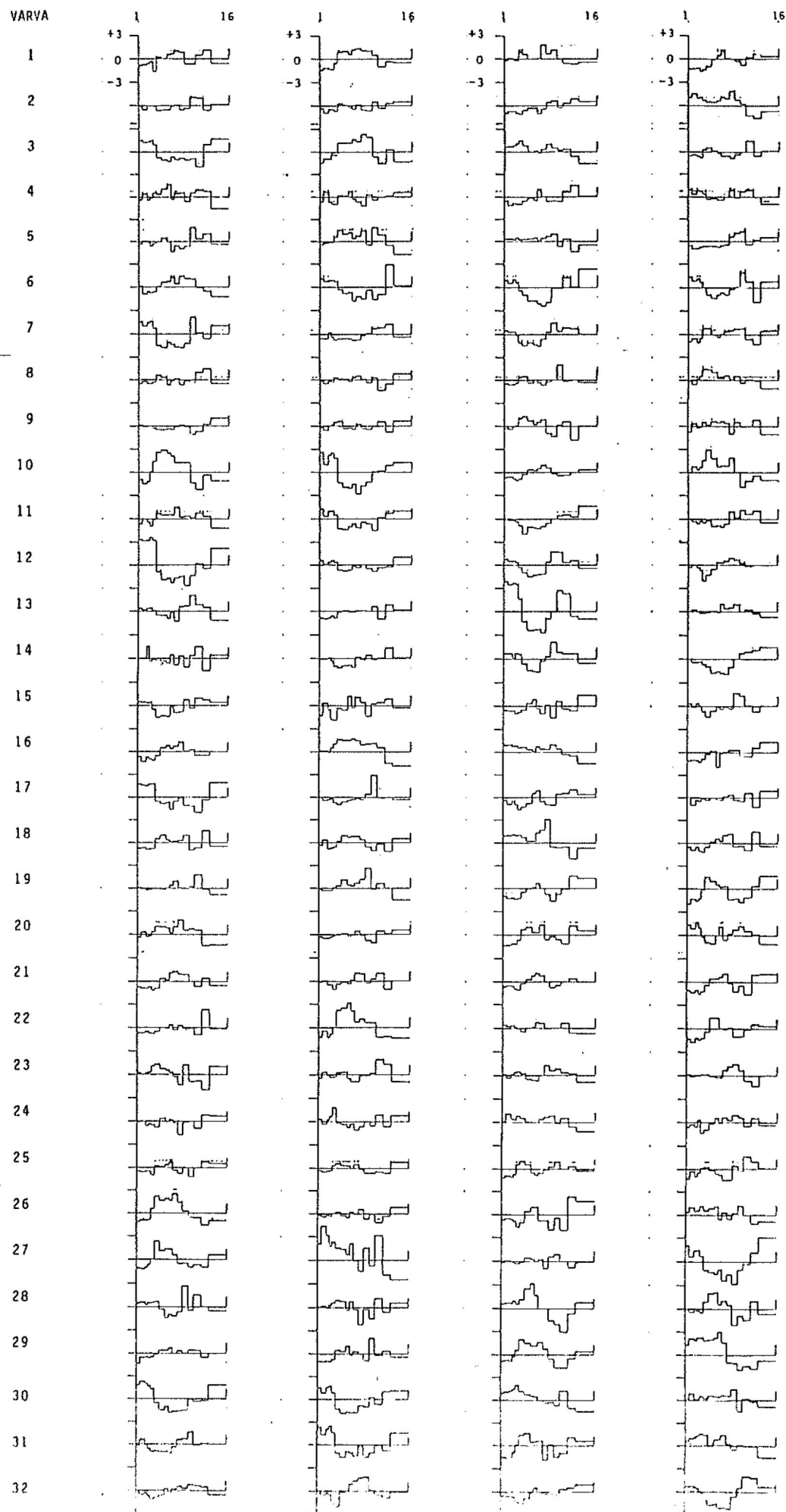
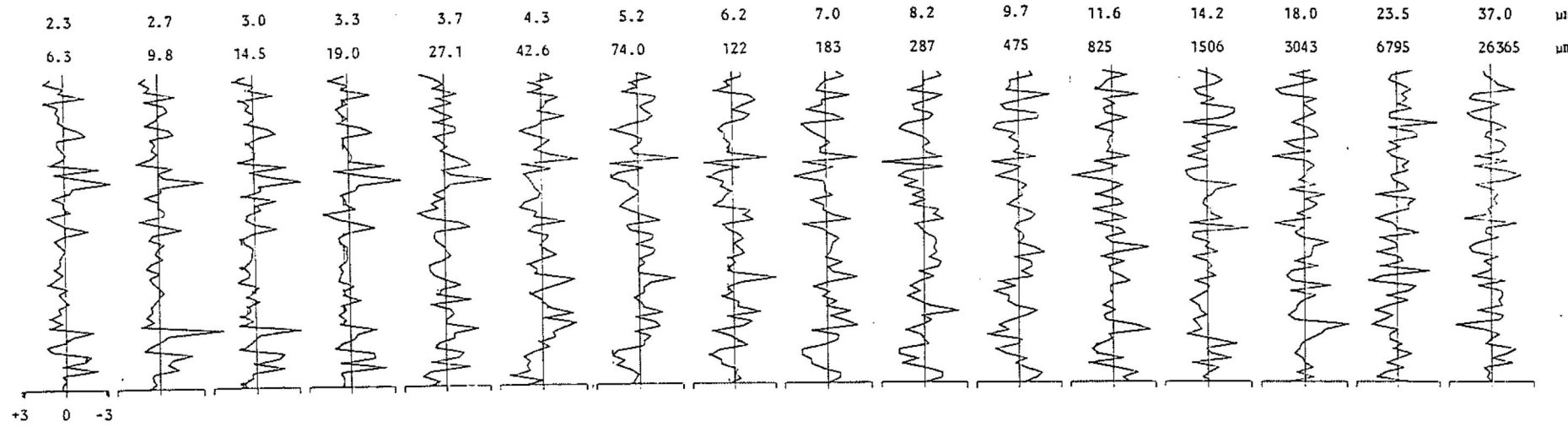


Figura 24

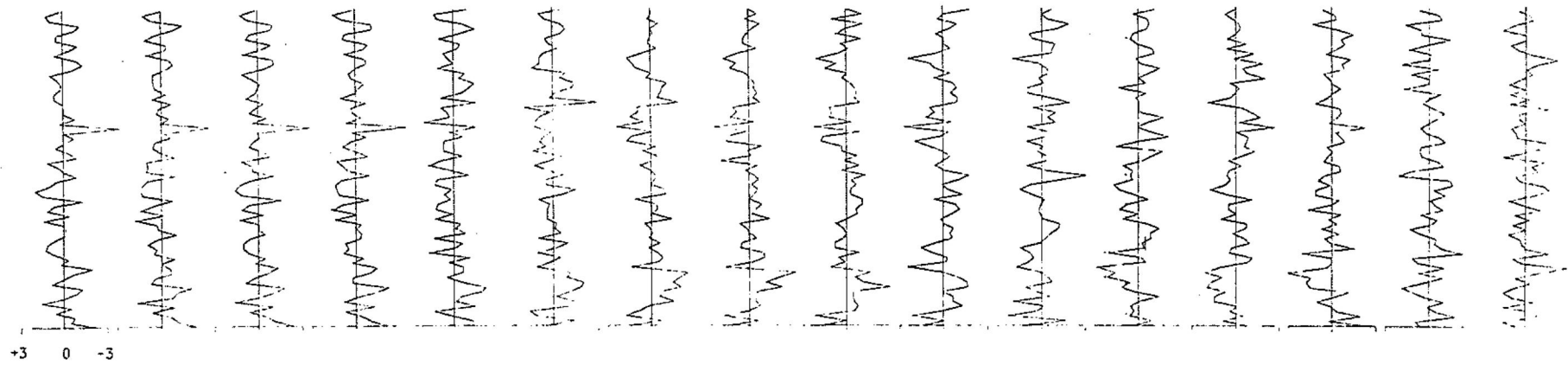
Figura 25



# ZDTPV



# ZDBPV



También es interesante notar como en cierta forma persiste una anomalía a través de varios años, apareciendo en una sola lámina, como si esa distribución solo se presentara en una estación del año, pero se mantiene a través de varios años. El mejor ejemplo de este fenómeno es la sequencia del material biogénico en las láminas claras de las varvas 14, 13, 12 y 11.

La Figura 26 muestra la transformación ZijDji en cada intervalo de la sequencia continua de 66 láminas. Aquí es obvia la equivalencia de las varianzas hechas en cada intervalo. La diferencia sobresaliente entre estas gráficas y las de la Figura 21 es la falta de la continuidad en la variación a través del grupo de los intervalos en la Figura 26. Hay que recordar que los efectos de las diferencias en volumen total se ha quitado en los datos de la Figura 26 y solo se ven diferencias en las formas de las distribuciones. Lo notorio de la transformación ZijDji es que hay grupos de intervalos que parecen tener comportamientos similares. En las gráficas del material terrígeno se dice que la variación en los primeros 5 intervalos forma un conjunto muy similar entre sí. También en los intervalos 6 al 11 se ve la variación muy similar entre intervalos, desde los intervalos 12 al 16 no hay similitud, pero se forma un conjunto de intervalos de comportamiento diferente entre sí. En las gráficas del material biogénico se ve el mismo fenómeno de la división de intervalos en tres conjuntos de comportamiento: los intervalos 1 al 4, 5 al 11 y 12 al 16.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### Relaciones entre los componentes principales

Se ha visto en la Figura 16, que el contenido de agua intersticial, sales solubles, materia orgánica, material biogénico y material terrígeno, están estrechamente relacionados entre sí, y que esta interrelación se distingue estacionalmente, es decir, hay una buena correlación entre la razón de acumulación de los componentes principales en láminas oscuras y una mediana correlación entre la razón de acumulación entre componentes principales en láminas claras, estas correlaciones se presentan en la Tabla 4, donde se puede ver que todas las correlaciones son más altas en láminas oscuras que en láminas claras.

El contenido de agua intersticial tiene una correlación muy alta (0.93) con el contenido de material biogénico (sílice opalino) en láminas oscuras, mientras que en láminas claras esta correlación es de 0.90, la diferencia es prácticamente nula, lo cual indica que el material biogénico contribuye a la alta porosidad en los dos tipos de láminas.

La materia orgánica, tiene también una correlación muy alta, de 0.91 con el material terrígeno de las láminas oscuras, mientras que en láminas claras esta correlación es de 0.84. Esto indica que la gran mayoría del material terrígeno, en láminas oscuras, se encuentra en agregados de materia orgánica, esto no tiene porque cambiar mucho en láminas claras ya que el material terrígeno que se encuentra ahí está de la misma manera que en láminas oscuras aunque no necesariamente en la misma cantidad.



La materia orgánica tiene una correlación de 0.87 con el agua intersticial en láminas oscuras, lo cual indica que los agregados de materia orgánica conservan una gran porosidad. La materia orgánica, que es menos abundante en láminas claras, tiene una correlación de 0.36 con el contenido del agua intersticial en láminas claras, esto indica que la mayor parte del contenido del agua está en los poros de la fábrica formada por esqueletos de diatomeas, silicoflagelados, radiolarios y espiculas de esponjas, y una pequeña parte del contenido de agua está relleno la porosidad de los agregados de materia orgánica en láminas claras.

El material terrígeno tiene una correlación de 0.8 con el contenido de agua intersticial en láminas oscuras, puesto que el material terrígeno tiene a su vez una alta correlación (0.91) con la materia orgánica en láminas oscuras, esto significa que el material terrígeno arcilloso se floclula en agregados orgánicos, dejando una microfábrica abierta que resulta en una alta porosidad. Por otro lado, el material terrígeno tiene una correlación de 0.42 con el contenido de agua intersticial de láminas claras, esto significa que la porosidad de las láminas claras no está controlada por la fábrica del material terrígeno.

La materia orgánica tiene una correlación de 0.79 con el material biogénico de las láminas oscuras, lo cual implica que el material biogénico de las láminas oscuras está casi tan floclulado como el material terrígeno y probablemente esto significa que tanto las partículas biogénicas como las terrígenas, en láminas oscuras, están agregadas en materia orgánica porque

|           | AGUA<br>INTERSTICIAL | MATERIA<br>ORGANICA | SILICE<br>OPALINO | LAMINAS  |
|-----------|----------------------|---------------------|-------------------|----------|
| MATERIA   | 0.362                |                     |                   | CLARAS   |
| ORGANICA  | 0.872                |                     |                   | OBSCURAS |
| SILICE    | 0.900                | 0.354               |                   | CLARAS   |
| OPALINO   | 0.923                | 0.786               |                   | OBSCURAS |
| MATERIAL  | 0.415                | 0.843               | 0.319             | CLARAS   |
| TERRIGENO | 0.801                | 0.914               | 0.654             | OBSCURAS |

Tabla 4 Correlaciones entre las razones de acumulación de los componentes principales en láminas claras y en láminas oscuras. Notese que en las láminas oscuras las correlaciones son más altas que en láminas claras.

comparten una similitud en su tamaño. En contraste, la materia orgánica tiene una correlación de 0.35 con el material biogénico de las láminas claras. Esto sugiere que solo la fracción fina del material biogénico (fragmentos de esqueletos) están asociados a la materia orgánica.

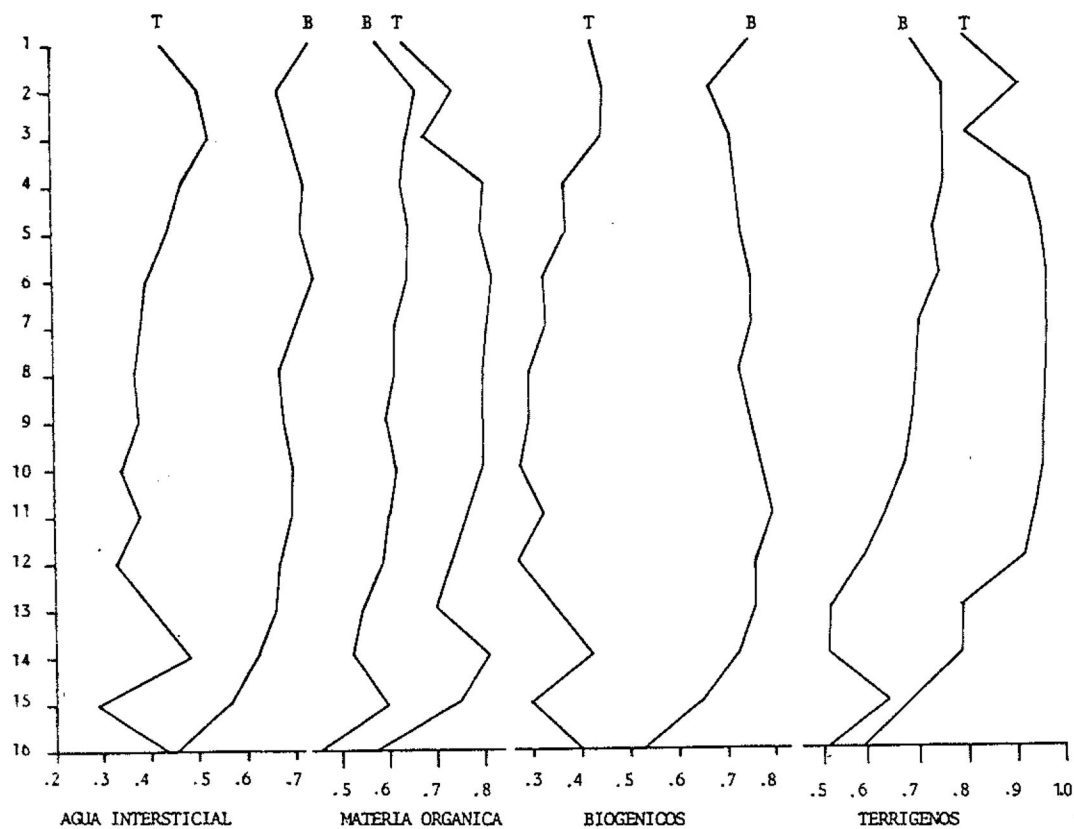
Finalmente, el material biogénico tiene una correlación de 0.65 con el material terrígeno de las láminas oscuras, mientras que en láminas claras esta correlación es de 0.32. Esto indica que el material biogénico diluye al material terrígeno en las láminas oscuras más de lo que el material terrígeno diluye al material biogénico en las láminas claras.

#### Relaciones entre las Distribuciones de Tamaño y los Componentes Principales

Como se ve en la Figura 27, y resumidamente en la Tabla 5, la correlación entre la distribución de volúmenes de las partículas (biogénicas, terrígenas) con la razón de acumulación de los componentes principales, es mayor en láminas oscuras que en láminas claras. En términos generales esto significa que el volumen de las partículas tanto biogénicas como terrígenas tienen una mejor correlación con el peso de los componentes principales en las láminas oscuras, es decir, hay una buena correspondencia entre tamaño (probablemente también en la forma) y el peso de las partículas. Por otro lado, en láminas claras, la correlación es un poco menor, sugiriendo que el tamaño (volumen) es mayor que el peso de las partículas.

El volumen de las partículas terrígenas tiene una alta correlación con

# LAMINAS CLARAS



# LAMINAS OSCURAS

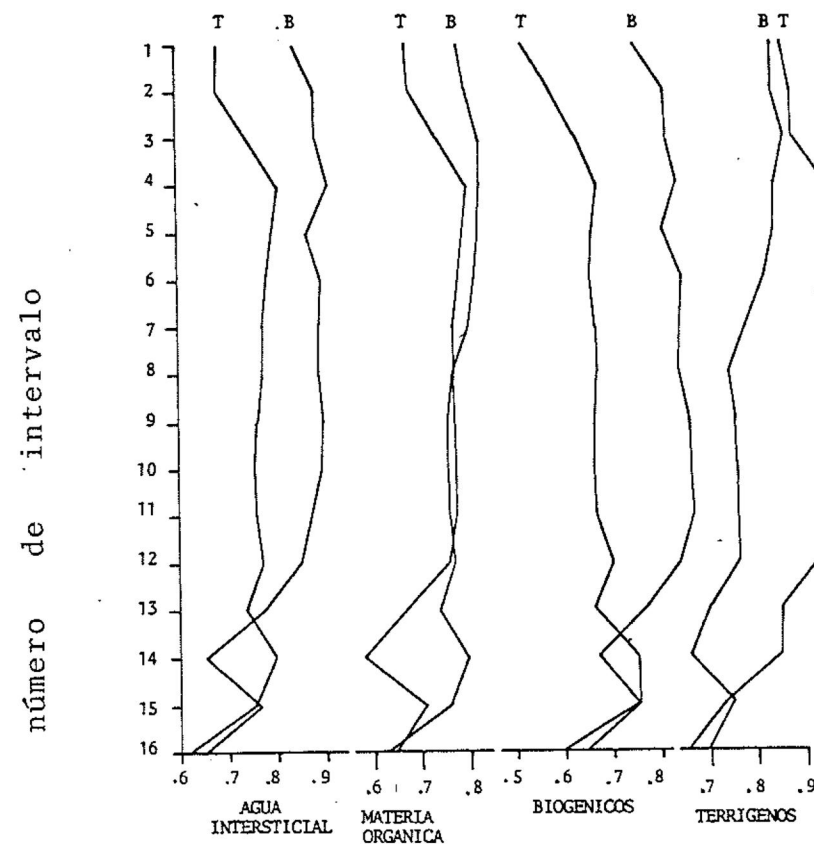


Figura 27 Correlaciones entre los valores estandarizados (Z) del volumen de las partículas biogénicas (B), terrígenas (T) y los valores estandarizados del peso de los componentes principales en láminas claras y en láminas oscuras.

el peso de las partículas terrígenas, y la diferencia entre láminas claras (0.95) y oscuras (0.89), no es significativa como se ve en la Tabla 5 así como en la Figura 27. Aunque no es tan alta, el volumen de las partículas biogénicas tiene una buena correlación con el peso de las partículas biogénicas, y nuevamente no hay una diferencia significativa entre láminas claras donde la correlación es de 0.73 y en láminas oscuras (0.75). Esto sugiere que tanto para partículas biogénicas como para terrígenas no hay un efecto estacional significativo que afecte la relación entre su volumen y su peso. Sin embargo, se puede apreciar una diferencia en la relación volumen-peso entre los biogénicos y terrígenos.

Las partículas terrígenas, como se ha dicho antes, tienen una buena correlación con la materia orgánica, sobre todo en láminas oscuras donde el volumen de los terrígenos tiene una correlación de 0.82 con el peso de la materia orgánica, mientras que en láminas claras la correlación es de 0.75. Las dos correlaciones son bastante buenas pero la diferencia entre ellas confirma que el volumen (tamaño y forma) de las partículas terrígenas tiene una afinidad por la materia orgánica aún mayor en láminas oscuras.

Las partículas biogénicas, en cambio, tienen un mayor contraste en su asociación con la materia orgánica estacionalmente, en láminas oscuras, el volumen de las partículas biogénicas tiene una correlación de 0.64 con la materia orgánica, que es significativamente mayor que la misma asociación en el caso de las láminas claras donde la correlación es de 0.43. Esto sugiere que hay menor afinidad de los biogénicos por la agregación con materia orgánica en las láminas claras que en las oscuras, la misma que sugiere las correla-

ciones en la Tabla 4. Las observaciones al microscopio, como la de la Figura 10a (en métodos) muestran que las diatomeas más grandes ( $\approx 250 \mu\text{m}$  de diámetro,  $\approx 26365 \mu\text{m}^3$ ) están casi libres de materia orgánica. Esto indica la mayor presencia de diatomeas grandes en las láminas claras; en cambio, en láminas oscuras las partículas biogénicas probablemente son de menor tamaño, posiblemente la mayoría son fragmentos de esqueletos, de tal forma que pueden flocularse con la materia orgánica casi con la misma facilidad que los limos y arcillas inorgánicas.

Es muy probable que las partículas terrígenas y la materia orgánica forman agregados con una fábrica muy abierta, con gran contenido de agua intersticial (Reimers y Suess, 1982). En las láminas oscuras, el volumen de las partículas terrígenas tiene una correlación de 0.75 con el peso de agua intersticial lo cual concuerda favorablemente con lo anterior. Mientras que en láminas claras la correlación es de 0.41; ésto sugiere que las partículas terrígenas que se encuentran en láminas claras contribuyen a una fábrica menos porosa que en láminas oscuras, un fenómeno relacionado con la diferencia en cantidades de materia orgánica entre las claras y oscuras.

El volumen de las partículas biogénicas en las láminas oscuras tienen una buena correlación promedio (0.77) con el peso del agua intersticial, casi igual que el volumen de partículas terrígenas. Entonces la porosidad en las láminas oscuras parece ser indistintamente favorecida por partículas biogénicas y terrígenas. Mientras que en láminas claras, el volumen de las partículas biogénicas tiene la más alta correlación (0.64 vs. 0.41) con el contenido de agua intersticial. Esto significa que el volumen de las partículas biogé-

| LAMINAS  | AGUA<br>INTERSTICIAL | MATERIA<br>ORGANICA | SILICE<br>OPALINO | MATERIAL<br>TERRIGENO | VOLUMEN DE<br>PARTICULAS |
|----------|----------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|
| CLARAS   | 0.64                 | 0.43                | 0.73              | 0.46                  | BIOGENICAS               |
| OBSCURAS | 0.77                 | 0.64                | 0.75              | 0.63                  |                          |
| CLARAS   | 0.41                 | 0.75                | 0.36              | 0.95                  | TERRIGENAS               |
| OBSCURAS | 0.75                 | 0.82                | 0.66              | 0.89                  |                          |

Tabla 5 Promedios de las correlaciones entre los 16 intervalos de tamaños (volumenes) de las partículas (biogénicas y terrígenas) y los componentes principales, separados estacionalmente en; láminas claras y láminas oscuras.

nicas tienen mayor control sobre la porosidad en láminas claras; entonces los terrígenos no parecen estar tan bien asociados con la materia orgánica en agregados (que contribuyen a la fábrica abierta) en las láminas claras, y por lo tanto no están altamente correlacionados con el contenido de agua intersticial.

La comparación entre volumen de partículas biogénicas y el peso de las partículas terrígenas es en cierto grado una comparación entre la forma, tamaño y peso de éstas partículas de origen diferente. En láminas oscuras el volumen de las partículas biogénicas tiene una correlación relativamente buena (0.63) con el peso de las partículas terrígenas, lo cual indica que la forma, tamaño y peso de partículas biogénicas y terrígenas no son excesivamente diferentes. Pero en el caso de las láminas claras, el volumen de las partículas biogénicas tiene una correlación de 0.46 con el peso de las partículas terrígenas mientras que el volumen de partículas terrígenas tiene una correlación de 0.36 con el peso de partículas biogénicas. También en láminas claras (Figura 27), se puede ver que hay más separación entre volumen y peso de terrígenos y biogénicos en láminas oscuras. Esta observación se interpreta como la diferencia entre limos y arcillas inorgánicas y la forma muy alejada de la esfericidad que tienen las partículas biogénicas en las láminas claras, y su efecto en la densidad de las partículas.

En resumen, la materia orgánica parece ser el parámetro sedimentario, que distingue más notoriamente a las láminas oscuras de las claras. Como se ve en la Figura 27, las partículas tanto biogénicas como terrígenas, en láminas oscuras, están asociadas a la materia orgánica en tamaños menores



de 11.6  $\mu\text{m}$  (intervalo No. 12). Esto indica que las partículas de ese rango de tamaños (1.4 a 11.6  $\mu\text{m}$ ) (intervalos 1 al 12) se asocian entre sí por medio de la materia orgánica y el mecanismo por el cual se flocculan no distingue entre partículas biogénicas y terrígenas, sólo por su tamaño. Krissek *et al.*, (1980), así como Reimers y Suess (1982) han discutido una facie anómala de lodo en la plataforma continental de Perú, de tamaño muy fino y rico en materia orgánica, la cual ha sido relacionada con la presencia de cápsulas fecales y agregados orgánicos encontrados en la superficie del sedimento. Schrader (1971), McCave (1975) y Honjo y Roman (1978) han documentado ampliamente el control biológico en la depositación del sedimento de grano fino, y han explicado cómo los hábitos alimenticios del zooplankton y el nekton (pastoreo) van transformando las partículas en suspensión a partículas mayores como las cápsulas fecales. Estos principios pueden ser una explicación más realista para la formación de láminas oscuras en las varvas del Golfo Central, aunque hasta el momento no se hayan encontrado evidencias de cápsulas fecales en estos sedimentos. Pero a diferencia de la plataforma de Perú, que presenta dicha facie de lodo rico en materia orgánica a 200 mt de profundidad (Krissek *et al.*, 1980), las varvas del Golfo están a una profundidad promedio de 600 m, es decir, que hay más probabilidades de que dichas cápsulas fecles (sí existen) sean degradadas por la actividad bacteriana (Honjo y Roman, 1978) al llegar al fondo.

#### Las variaciones a corto y largo plazo

Como se vió en la Figura 17, los componentes principales tienen una va-

riación en su razón de acumulación con caracter estacional, la cual está mejor definida entre los años 1944 y 1951. Sin embargo, la relación entre componentes de esta variación estacional, en general, no es inversa; todos los componentes principales aumentan o disminuyen en le mismo sentido a través de la marcha de las estaciones. Es decir, que cuando aumenta el peso del material biogénico en las claras, también aumenta el material terrígeno.

Es interesante notar que en la década de los 50, cuando fueron construídas las presas en los ríos Yaqui, Mayo y Sonora, no parece haber en la secuencia de varvas ningún indicio de que el material terrígeno haya disminuído, y antes de la construcción de la presa resulta difícil explicar porque no hay mayor fluctuación en el aporte de material terrígeno, especialmente porque como se ve en la figura 17, generalmente el aumento de terrígenos va acompañado de un aumento de biogénicos. Por lo tanto parece muy complicado aislar y relacionar el material terrígeno con la aportación estacional de los ríos, como sugiere la hipótesis de Calvert (1966). Otras variaciones de 5, 15 ó 18 años también se presentan en la secuencia de las 33 varvas, éstas últimas, las de 18 años, son prácticamente iguales en términos estacionales; es decir, tienen igual cantidad de material biogénico que terrígeno.

## BIBLIOGRAFIA

Alvarez-Borrego, S., J.A. Rivera, G. Gaxiola-Castro, M. Acosta-Ruiz y R.A. Schwartzlose, 1978.

Nutrientes en el Golfo de California.

Ciencias Marinas, Vol. 5(2), p. 53-71.

Baumgartner, T.R., A. Soutar, J. Cowen, P. Moreno-Hentz, J. Michaëlsen, y K.W. Bruland, 1981.

Detailed Chronologies in the Laminated Sediments of the Guaymas Slope.

En: Abstract with programs, Geol. Soc. America Cordilleran Section Meeting. Hermosillo, Sonora, México, pp.44.

Baumgartner, T.R. y Soutar A., (en prensa).

Conservación del Registro del Clima reciente en Sedimentos Laminados del Golfo de California. En: Simposio del Golfo de California; Origen, Evolución, Aguas, Vida Marina y Recursos.

Ayala-Castañares, Editor, U.N.A.M.

Byrne, J.V. y K.O. Emery, 1960.

Sediments of the Gulf of California.

Geological Soc. of Amer. Bull., Vol. 71, p. 983-1010.

Calvert, S.E., 1964.

Factors Affecting Distribution of Laminated Diatomaceous Sediments in Gulf of California.

En: T. van Andel and G. Shor. (Editors), Marine Geology of the Gulf of California. Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem. 3, p. 311-330.

Calvert, S.E., 1966.

Origin of Diatom-Rich Varved Sediments from the Gulf of California.

Jour. of Geology, Vol. 76, p. 546-565.

Donegan, D. y Schrader, H., 1982.

Biogenic and Abiogenic Components of Laminated Hemipelagic Sediments  
In the Central Gulf of California.

Marine Geology, Vol. 48, p. 215-237.

Honjo, S. y M.R. Roman (1978).

Marine Copepod fecal Pellets: Production, Preservation and Sedimentation.

Jour. of Marine Res., Vol. 36, p. 45-57.

Hurd, D., 1973.

Interactions of Biogenic Opal, Sediment and Seawater in the Central  
Equatorial Pacific.

Geochim, Cosmo. Acta, Vol. 37, p. 2257-2282.

Krissek, L.A., K.F. Scheidegger y L.D. Kulm, 1980.

Surface Sediments of the Peru-Chile Continental Margin and the Nazca Plate.

Geol. Soc. of Am. Bull., Part I, Vol. 91, p. 321-331.

McCave, I.N., 1975.

Vertical Flux of Particles in the Ocean.

Deep-Sea Research, Vol. 22, p. 491-502.

Schrader, H., 1971.

Fecal pellets: Role in Sedimentation of Pelagic Diatoms.

Science, Vol. 174, p. 55-57.

Schrader, H., E. Aguayo, M.P. Aubry, G. Einsele, D. Fornari, J. Gieskes,

J. Guerrero, M. Kastner, M. Lyle, Y. Matoba, A. Molina-Cruz, J. Neimitz,

J. Rueda, A. Saunders, B. Simoneit y V. Vaquier, 1980.

Laminated Diatomaceous Sediments from the Guaymas Basin Slope (Central Gulf  
of California): 250,000-Year Climate Record.

Science, Vol. 207, p. 1207-1209.

Sheldon, R.W., 1978.

Sensing-zone Counters in the Laboratory. .

En: Phytoplankton Manual, A. Sourina (Editor).

UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology. p. 202-214.

Soutar, A. y P.A. Crill, 1977.

Sedimentation and Climatic Patterns in the Santa Barbara Basin During the 19th and 20th Centuries.

Geol. Soc. of Am. Bull., Vol. 88, p. 1161-1172.

Soutar, A. S.R. Johnson y T.R. Baumgartner, 1981.

In search of modern analogs to the Monterey Formation.

En: The Monterey Formation and Related Siliceous Rocks of California.

Soc. of Econ. Paleont. and Mineralog. p. 123-147.

Swift, D.J.P., J.R. Schubel y R.W. Sheldon, 1972.

Size Analysis of Fine-grained suspended sediments: a review

Jour. of Sedimentary Petrology, Vol. 42, No. 1, p. 122-135.

Wyrteki, K., 1962.

The Oxygen Minimum in Relation to Ocean Circulation.

Deep-Sea Research, Vol. 9, p. 11-23.

A P E N D I C E    I

DATOS DE LOS  
COMPONENTES  
PRINCIPALES

# PESO BRUTO

| LAM<br># | PE<br>Mg | PE+SH    | PE+SS   | PE+SS<br>c/s | PE+FBT<br>c/mo | PE+FT<br>c/so | V.AL<br>ml |
|----------|----------|----------|---------|--------------|----------------|---------------|------------|
| 1A       | 7348.23  | 9519.35  | 7714.02 | 7682.69      | 7581.16        | 7511.28       | 1.5        |
| 1B       | 7293.41  | 9416.73  | 7656.21 | 7546.35      | 7523.54        | 7449.95       | 2.0        |
| 2A       | 7461.90  | 8777.48  | 7672.55 | 7600.56      | 7586.11        | 7538.20       | 1.5        |
| 2B       | 7290.30  | 8182.79  | 7427.84 | 7375.65      | 7364.41        | 7330.44       | 3.0        |
| 3A       | 7261.79  | 8537.01  | 7454.14 | 7388.23      | 7376.57        | 7326.52       | 1.5        |
| 3B       | 7315.75  | 9116.04  | 7598.65 | 7584.19      | 7487.04        | 7414.48       | 1.5        |
| 4A       | 7467.24  | 8885.12  | 7661.41 | 7598.99      | 7578.82        | 7514.85       | 2.0        |
| 4B       | 7265.52  | 8177.19  | 7382.80 | 7336.78      | 7320.16        | 7289.30       | 2.0        |
| 5A       | 7261.78  | 8707.36  | 7463.33 | 7389.57      | 7377.11        | 7315.12       | 2.0        |
| 5B       | 7259.80  | 8200.87  | 7399.46 | 7349.83      | 7339.10        | 7310.29       | 1.5        |
| 6A       | 7353.04  | 8896.14  | 7461.91 | 7423.24      | 7414.98        | 7384.97       | 1.5        |
| 6B       | 7381.55  | 8883.71  | 7461.91 | 7393.88      | 7357.66        | 7350.18       | 1.5        |
| 7A       | 7453.64  | 8594.69  | 7568.72 | 7521.84      | 7513.77        | 7475.25       | 1.5        |
| 7B       | 7382.63  | 9746.88  | 7658.25 | 7529.26      | 7511.76        | 7413.86       | 1.5        |
| 8A       | 7357.13  | 9198.35  | 7610.13 | 7518.70      | 7505.48        | 7433.04       | 1.5        |
| 8B       | 7474.65  | 9817.37  | 7819.91 | 7704.35      | 7684.18        | 7606.62       | 1.5        |
| 9A       | 7321.38  | 9202.56  | 7574.96 | 7488.73      | 7474.95        | 7409.09       | 1.5        |
| 9B       | 7380.51  | 9643.01  | 7614.87 | 7582.84      | 7484.44        | 7412.23       | 1.5        |
| 10A      | 7288.40  | 9845.06  | 7493.83 | 7412.43      | 7399.15        | 7332.16       | 1.5        |
| 10B      | 7275.61  | 8725.39  | 7471.23 | 7400.84      | 7387.38        | 7385.56       | 1.5        |
| 11A      | 7298.03  | 8821.73  | 7485.36 | 7412.88      | 7482.41        | 7329.87       | 1.5        |
| 11B      | 7317.88  | 8965.45  | 7522.85 | 7446.17      | 7434.25        | 7363.18       | 1.5        |
| 12A      | 7318.77  | 18221.36 | 7546.63 | 7528.57      | 7511.89        | 7391.82       | 1.5        |
| 12B      | 7352.75  | 18196.48 | 7725.28 | 7596.14      | 7576.38        | 7464.27       | 2.0        |
| 13A      | 7291.78  | 9576.88  | 7444.67 | 7382.82      | 7376.06        | 7383.82       | 2.0        |
| 13B      | 7297.83  | 9958.59  | 7624.27 | 7585.81      | 7488.44        | 7481.78       | 1.5        |
| 14A      | 7473.48  | 10158.15 | 7861.85 | 7733.65      | 7715.79        | 7612.47       | 1.5        |
| 14B      | 7386.10  | 9885.85  | 7564.71 | 7488.68      | 7465.58        | 7395.72       | 1.5        |
| 15A      | 7354.80  | 8519.11  | 7550.06 | 7483.27      | 7468.48        | 7425.49       | 2.0        |
| 15B      | 7358.38  | 8453.97  | 7501.93 | 7445.09      | 7435.82        | 7391.75       | 1.5        |
| 16A      | 7266.37  | 8805.10  | 7504.78 | 7426.87      | 7412.32        | 7351.27       | 3.5        |
| 16B      | 7471.14  | 8984.54  | 7703.77 | 7627.18      | 7613.64        | 7553.85       | 1.5        |
| 17A      | 7466.52  | 8954.83  | 7688.57 | 7613.64      | 7601.32        | 7546.89       | 2.0        |
| 17B      | 7317.87  | 7582.51  | 7427.94 | 7392.38      | 7384.61        | 7368.00       | 1.5        |
| 18A      | 7272.10  | 8583.47  | 7488.68 | 7413.79      | 7402.88        | 7331.74       | 1.5        |
| 18B      | 7347.38  | 8535.87  | 7586.44 | 7419.49      | 7440.82        | 7394.87       | 2.0        |
| 19A      | 7277.87  | 9872.48  | 7495.48 | 7415.72      | 7404.72        | 7344.77       | 2.0        |
| 19B      | 7468.08  | 8854.53  | 7637.15 | 7573.26      | 7563.12        | 7520.22       | 1.5        |
| 20A      | 7314.86  | 9373.45  | 7598.89 | 7582.51      | 7488.18        | 7414.97       | 1.5        |
| 20B      | 7262.87  | 8627.10  | 7460.86 | 7393.44      | 7383.13        | 7389.87       | 2.5        |
| 21A      | 7246.56  | 9817.34  | 7581.87 | 7417.66      | 7405.41        | 7333.86       | 1.5        |
| 21B      | 7384.72  | 8328.28  | 7439.13 | 7383.88      | 7375.16        | 7334.68       | 2.0        |
| 22A      | 7351.43  | 9398.91  | 7622.12 | 7531.43      | 7517.68        | 7432.83       | 1.5        |
| 22B      | 7296.44  | 8569.31  | 7469.26 | 7486.43      | 7395.39        | 7343.94       | 1.5        |
| 23A      | 7317.13  | 9266.85  | 7574.42 | 7482.48      | 7478.49        | 7393.15       | 1.5        |
| 23B      | 7296.31  | 8583.83  | 7438.41 | 7381.46      | 7373.06        | 7328.53       | 1.5        |
| 24A      | 7463.13  | 9151.79  | 7666.65 | 7588.65      | 7577.11        | 7523.63       | 1.5        |
| 24B      | 7388.39  | 9873.11  | 7523.32 | 7446.22      | 7433.91        | 7373.23       | 2.5        |
| 25A      | 7299.86  | 9882.79  | 7549.36 | 7471.55      | 7457.89        | 7405.82       | 1.5        |
| 25B      | 7248.64  | 8802.88  | 7510.38 | 7438.83      | 7416.42        | 7364.88       | 1.5        |
| 26A      | 7279.11  | 8348.88  | 7466.98 | 7488.41      | 7396.31        | 7363.61       | 1.5        |
| 26B      | 7462.49  | 8529.22  | 7648.73 | 7592.96      | 7581.41        | 7544.05       | 1.5        |
| 27A      | 7345.91  | 8981.43  | 7591.86 | 7514.78      | 7588.65        | 7445.86       | 3.0        |
| 27B      | 7311.48  | 7881.88  | 7372.49 | 7344.28      | 7338.89        | 7319.31       | 1.5        |
| 28A      | 7263.84  | 8177.84  | 7378.93 | 7326.85      | 7316.62        | 7283.60       | 2.0        |
| 28B      | 7282.63  | 8815.84  | 7358.13 | 7318.69      | 7312.58        | 7287.11       | 2.0        |
| 29A      | 7463.43  | 18831.99 | 7836.15 | 7697.14      | 7684.87        | 7569.47       | 2.0        |
| 29B      | 7379.48  | 10251.72 | 7742.32 | 7612.29      | 7594.81        | 7486.70       | 2.5        |
| 30A      | 7294.48  | 9157.59  | 7517.72 | 7434.66      | 7422.34        | 7353.34       | 2.8        |
| 30B      | 7288.85  | 9882.68  | 7530.36 | 7451.37      | 7438.64        | 7378.48       | 1.5        |
| 31A      | 7348.75  | 8929.88  | 7551.96 | 7479.27      | 7470.88        | 7418.72       | 1.5        |
| 31B      | 7358.95  | 8969.12  | 7583.10 | 7498.88      | 7488.84        | 7432.25       | 1.5        |
| 32A      | 7243.38  | 9126.73  | 7569.81 | 7478.22      | 7462.29        | 7398.28       | 1.5        |
| 32B      | 7382.36  | 8384.87  | 7467.24 | 7412.77      | 7485.39        | 7368.18       | 1.5        |
| 33A      | 7478.38  | 8954.93  | 7682.96 | 7688.98      | 7597.38        | 7546.34       | 1.5        |
| 33B      | 7315.88  | 9882.17  | 7569.87 | 7483.31      | 7471.55        | 7483.11       | 1.5        |

Tabla 1.

Pesos (en mg) registrados en la balanza analítica. Donde: PE (peso del envase), SH (sedimento húmedo), SS (sedimento seco), c/s (corregido por salinidad), FBT (fracción biogénica + terrígena total), c/mo (corregido por materia orgánica), FT (fracción terrígena), c/so (corregido por sílice opalino), V.AL (volumen de la alícuota tomada para el análisis de la distribución de tamaños de la FBT).

# PESO REAL

| LAM<br>• | SH<br>MG | SS     | SS<br>C/S | FBT<br>C/MO | FT<br>C/SD | P.AL  |
|----------|----------|--------|-----------|-------------|------------|-------|
| 1A       | 2171.12  | 365.79 | 254.46    | 232.93      | 162.97     | 9.98  |
| 1B       | 2123.32  | 362.88 | 252.94    | 230.13      | 156.54     | 13.15 |
| 2A       | 1315.58  | 218.65 | 138.66    | 124.21      | 76.38      | 5.32  |
| 2B       | 892.49   | 137.54 | 85.35     | 74.11       | 48.14      | 6.35  |
| 3A       | 1275.22  | 192.35 | 126.44    | 114.78      | 64.73      | 4.92  |
| 3B       | 1808.29  | 282.98 | 188.44    | 171.29      | 98.73      | 7.34  |
| 4A       | 1417.88  | 194.17 | 123.75    | 111.58      | 47.61      | 6.38  |
| 4B       | 911.67   | 117.28 | 71.26     | 62.64       | 23.78      | 3.58  |
| 5A       | 1445.58  | 281.55 | 127.79    | 115.33      | 53.34      | 6.59  |
| 5B       | 948.27   | 139.66 | 89.23     | 79.38       | 50.49      | 3.48  |
| 6A       | 743.18   | 188.87 | 78.28     | 61.94       | 31.93      | 2.65  |
| 6B       | 782.16   | 91.45  | 56.11     | 48.63       | 20.77      | 2.88  |
| 7A       | 1138.96  | 185.88 | 57.48     | 58.13       | 11.61      | 2.15  |
| 7B       | 2443.37  | 347.62 | 226.63    | 289.13      | 118.43     | 8.96  |
| 8A       | 1841.22  | 253.88 | 161.57    | 148.35      | 75.91      | 6.36  |
| 8B       | 2342.72  | 345.26 | 229.78    | 289.45      | 131.97     | 8.98  |
| 9A       | 1881.18  | 253.58 | 167.35    | 153.57      | 87.71      | 6.58  |
| 9B       | 2342.58  | 314.36 | 282.33    | 183.93      | 111.72     | 7.88  |
| 10A      | 1756.66  | 284.63 | 124.83    | 110.75      | 43.76      | 4.75  |
| 10B      | 1449.78  | 195.62 | 124.43    | 111.77      | 29.95      | 4.79  |
| 11A      | 1531.78  | 195.33 | 122.81    | 112.38      | 39.84      | 4.82  |
| 11B      | 1647.65  | 285.85 | 128.37    | 116.45      | 45.38      | 4.99  |
| 12A      | 2918.59  | 335.86 | 217.88    | 281.12      | 81.85      | 8.62  |
| 12B      | 2843.73  | 372.53 | 243.39    | 223.63      | 111.52     | 12.78 |
| 13A      | 2285.18  | 152.89 | 91.84     | 84.28       | 12.84      | 4.82  |
| 13B      | 2668.76  | 326.44 | 287.98    | 198.61      | 183.95     | 8.17  |
| 14A      | 2684.67  | 388.37 | 268.17    | 242.31      | 138.99     | 18.38 |
| 14B      | 1778.95  | 258.61 | 174.58    | 159.48      | 89.62      | 6.83  |
| 15A      | 1164.31  | 195.26 | 128.47    | 113.68      | 78.69      | 6.49  |
| 15B      | 1183.27  | 151.63 | 94.79     | 84.72       | 41.45      | 3.63  |
| 16A      | 1538.73  | 238.41 | 159.78    | 145.95      | 84.98      | 14.68 |
| 16B      | 1513.48  | 232.63 | 156.84    | 142.63      | 82.71      | 6.11  |
| 17A      | 1487.51  | 214.85 | 147.12    | 134.88      | 88.37      | 7.78  |
| 17B      | 665.44   | 118.87 | 73.31     | 67.54       | 43.81      | 2.89  |
| 18A      | 1231.37  | 288.58 | 141.69    | 129.98      | 59.64      | 5.57  |
| 18B      | 1188.57  | 159.14 | 182.19    | 92.72       | 46.77      | 5.38  |
| 19A      | 1795.41  | 218.41 | 128.65    | 127.65      | 67.78      | 7.29  |
| 19B      | 1386.53  | 169.15 | 185.26    | 95.12       | 52.22      | 4.88  |
| 20A      | 2859.39  | 284.83 | 188.45    | 174.12      | 188.91     | 7.46  |
| 20B      | 1365.83  | 198.79 | 131.37    | 121.86      | 47.88      | 8.65  |
| 21A      | 1770.78  | 255.31 | 171.18    | 158.85      | 86.58      | 6.81  |
| 21B      | 1823.48  | 134.41 | 79.88     | 78.44       | 29.96      | 4.83  |
| 22A      | 2847.48  | 278.69 | 188.88    | 166.25      | 88.68      | 7.12  |
| 22B      | 1272.87  | 172.82 | 189.99    | 98.95       | 47.58      | 4.24  |
| 23A      | 1948.92  | 257.29 | 163.27    | 153.36      | 76.82      | 6.57  |
| 23B      | 1286.72  | 142.18 | 85.15     | 76.75       | 32.22      | 3.29  |
| 24A      | 1688.66  | 283.52 | 125.52    | 113.98      | 68.58      | 4.88  |
| 24B      | 1764.72  | 214.93 | 137.83    | 125.52      | 64.84      | 8.97  |
| 25A      | 1783.73  | 258.38 | 172.49    | 158.83      | 186.76     | 6.77  |
| 25B      | 1562.16  | 269.66 | 198.19    | 175.78      | 123.36     | 7.53  |
| 26A      | 1868.89  | 187.87 | 129.38    | 117.28      | 84.58      | 5.82  |
| 26B      | 1866.73  | 186.24 | 138.47    | 118.92      | 81.56      | 5.18  |
| 27A      | 1635.52  | 245.95 | 168.87    | 154.74      | 99.15      | 13.26 |
| 27B      | 569.68   | 61.89  | 32.88     | 27.49       | 7.91       | 1.18  |
| 28A      | 913.28   | 187.89 | 62.21     | 52.78       | 19.76      | 3.82  |
| 28B      | 733.21   | 67.58  | 36.86     | 29.87       | 4.48       | 1.71  |
| 29A      | 3368.56  | 372.72 | 233.71    | 221.44      | 186.84     | 12.65 |
| 29B      | 2872.32  | 362.92 | 232.89    | 215.41      | 187.38     | 15.39 |
| 30A      | 1863.11  | 223.24 | 148.18    | 127.86      | 58.86      | 7.31  |
| 30B      | 1714.63  | 242.31 | 163.32    | 158.59      | 98.35      | 6.45  |
| 31A      | 1589.13  | 211.21 | 138.52    | 129.33      | 69.97      | 5.54  |
| 31B      | 1618.17  | 232.15 | 147.93    | 137.89      | 81.38      | 5.88  |
| 32A      | 1883.43  | 325.71 | 234.92    | 218.99      | 146.98     | 9.39  |
| 32B      | 1882.51  | 164.88 | 118.41    | 103.83      | 57.74      | 4.42  |
| 33A      | 1484.63  | 212.66 | 138.68    | 127.88      | 76.84      | 5.45  |
| 33B      | 1766.37  | 253.27 | 167.51    | 155.75      | 87.31      | 6.67  |

Tabla 2.

Pesos brutos restados del peso del envase. Peso de la alícuota (P.AL) en mg sustraído de la fracción total (FBT).



# PESO NETO

| LAN<br>• | AGUA<br>MG | SAL<br>MG | M.O.<br>MG | S.O.<br>MG | TERR<br>MG | AREA |
|----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------|
| 1A       | 1885.33    | 111.33    | 21.53      | 62.66      | 178.27     | 7.56 |
| 1B       | 1768.52    | 109.86    | 22.81      | 64.18      | 166.83     | 7.56 |
| 2A       | 1104.93    | 71.99     | 14.45      | 44.58      | 79.71      | 7.56 |
| 2B       | 754.95     | 52.19     | 11.24      | 38.21      | 43.98      | 7.56 |
| 3A       | 1882.87    | 65.91     | 11.66      | 47.15      | 67.63      | 7.56 |
| 3B       | 1517.39    | 94.46     | 17.15      | 68.14      | 103.15     | 7.56 |
| 4A       | 1225.71    | 70.42     | 12.17      | 61.88      | 50.58      | 7.56 |
| 4B       | 794.39     | 46.02     | 8.62       | 37.42      | 25.22      | 7.63 |
| 5A       | 1244.83    | 73.76     | 12.46      | 58.76      | 56.57      | 7.63 |
| 5B       | 888.61     | 58.43     | 9.93       | 26.55      | 52.75      | 7.63 |
| 6A       | 634.23     | 38.67     | 8.26       | 28.58      | 33.36      | 7.63 |
| 7B       | 798.71     | 35.34     | 7.48       | 26.93      | 21.78      | 7.65 |
| 7A       | 1025.88    | 47.68     | 7.27       | 38.88      | 12.13      | 7.51 |
| 7B       | 2095.75    | 128.99    | 17.58      | 93.76      | 115.37     | 7.64 |
| 8A       | 1588.22    | 91.43     | 13.22      | 69.04      | 79.31      | 7.64 |
| 8B       | 1997.46    | 115.56    | 20.25      | 71.37      | 137.88     | 7.45 |
| 9A       | 1627.68    | 86.23     | 13.78      | 61.93      | 91.64      | 7.76 |
| 9B       | 2028.14    | 112.03    | 18.48      | 67.21      | 116.72     | 7.56 |
| 10A      | 1552.03    | 88.68     | 13.28      | 65.83      | 45.72      | 7.77 |
| 10B      | 1254.16    | 71.19     | 12.66      | 80.48      | 31.29      | 7.77 |
| 11A      | 1336.37    | 72.52     | 10.43      | 71.59      | 48.79      | 7.67 |
| 11B      | 1442.60    | 76.68     | 11.92      | 69.04      | 47.41      | 7.67 |
| 12A      | 2574.73    | 118.86    | 16.68      | 116.44     | 84.68      | 7.65 |
| 12B      | 2471.20    | 129.14    | 19.76      | 105.35     | 118.28     | 7.84 |
| 13A      | 2132.21    | 61.85     | 6.76       | 71.51      | 12.77      | 7.77 |
| 13B      | 2334.32    | 118.46    | 17.37      | 82.88      | 108.61     | 7.77 |
| 14A      | 2296.38    | 128.28    | 17.86      | 97.18      | 145.21     | 7.69 |
| 14B      | 1528.34    | 84.11     | 15.02      | 65.85      | 93.63      | 7.89 |
| 15A      | 969.85     | 66.79     | 14.87      | 38.63      | 74.97      | 7.79 |
| 15B      | 951.64     | 56.84     | 10.87      | 41.41      | 43.31      | 7.79 |
| 16A      | 1380.32    | 78.71     | 13.75      | 51.61      | 94.34      | 7.79 |
| 16B      | 1288.77    | 76.59     | 13.41      | 56.22      | 86.41      | 7.79 |
| 17A      | 1273.46    | 66.93     | 12.32      | 49.56      | 85.24      | 7.86 |
| 17B      | 554.57     | 35.56     | 7.77       | 22.61      | 44.93      | 7.93 |
| 18A      | 1822.87    | 66.81     | 11.71      | 67.67      | 62.31      | 7.81 |
| 18B      | 1829.43    | 56.95     | 9.47       | 43.11      | 49.61      | 7.85 |
| 19A      | 1577.88    | 79.76     | 11.88      | 55.85      | 71.88      | 7.81 |
| 19B      | 1217.38    | 63.89     | 19.14      | 48.56      | 54.56      | 7.81 |
| 20A      | 1774.56    | 96.38     | 14.33      | 68.69      | 105.43     | 7.81 |
| 20B      | 1166.24    | 67.42     | 18.31      | 69.58      | 51.48      | 7.81 |
| 21A      | 1515.47    | 84.21     | 12.25      | 68.48      | 98.37      | 7.81 |
| 21B      | 889.87     | 55.33     | 8.64       | 38.66      | 31.78      | 7.74 |
| 22A      | 1776.79    | 98.69     | 13.75      | 82.84      | 84.21      | 7.81 |
| 22B      | 1180.85    | 62.83     | 11.84      | 49.32      | 49.63      | 7.86 |
| 23A      | 1691.63    | 92.82     | 11.91      | 73.94      | 79.42      | 7.90 |
| 23B      | 1864.62    | 56.95     | 8.48       | 43.89      | 33.66      | 8.33 |
| 24A      | 1485.14    | 78.88     | 11.54      | 58.77      | 63.21      | 8.33 |
| 24B      | 1549.79    | 77.18     | 12.31      | 55.69      | 69.83      | 7.54 |
| 25A      | 1453.43    | 77.81     | 14.46      | 46.49      | 111.54     | 7.75 |
| 25B      | 1292.58    | 79.47     | 14.41      | 46.98      | 128.88     | 7.75 |
| 26A      | 881.82     | 58.57     | 12.18      | 28.92      | 88.28      | 7.75 |
| 26B      | 888.49     | 55.77     | 11.55      | 33.71      | 85.21      | 7.93 |
| 27A      | 1389.57    | 77.88     | 14.13      | 46.38      | 108.44     | 7.92 |
| 27B      | 688.59     | 28.29     | 5.31       | 19.23      | 8.26       | 7.25 |
| 28A      | 886.11     | 44.88     | 9.43       | 31.82      | 28.96      | 7.81 |
| 28B      | 665.71     | 31.44     | 6.19       | 25.12      | 4.75       | 7.81 |
| 29A      | 2995.84    | 139.81    | 12.27      | 99.85      | 115.56     | 7.81 |
| 29B      | 2589.48    | 130.83    | 17.48      | 65.43      | 62.43      | 7.86 |
| 30A      | 1639.87    | 83.86     | 12.32      | 56.28      | 94.39      | 7.86 |
| 30B      | 1472.32    | 78.99     | 12.73      | 56.23      | 73.18      | 7.86 |
| 31A      | 1377.92    | 72.69     | 9.19       | 52.15      | 84.94      | 7.86 |
| 31B      | 1386.82    | 84.22     | 18.84      | 65.51      | 153.48     | 7.66 |
| 32A      | 1557.72    | 98.79     | 15.93      | 42.78      | 68.33      | 7.66 |
| 32B      | 917.63     | 54.47     | 7.38       | 47.63      | 79.45      | 7.66 |
| 33A      | 1271.97    | 74.86     | 11.52      | 64.53      | 91.22      | 7.66 |
| 33B      | 1513.18    | 85.76     | 11.76      |            |            |      |

Tabla 3.

Contenido neto (en mg) de los componentes; agua intersticial (AGUA), sales solubles (SAL), materia orgánica (M.O.), sílice opalino (S.O.), y material terrígeno (TERR), calculados por diferencia de pesos y corrección por sustracción de alicuotas. AREA es la referencia de la superficie de depositación muestreada en  $\text{cm}^2$ , con la cual se normalizará el peso de los componentes principales.

# RAZON DE ACUMULACION

mg/cm<sup>2</sup>/lámina

unidades estandar

| LAM | AGUA   | SAL   | MO   | S.O.  | TERR  | AGUA  | SAL   | MO    | S.O.  | TERR  |
|-----|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1A  | 238.80 | 14.73 | 2.85 | 8.29  | 22.52 | 0.86  | 1.44  | 2.51  | 0.31  | 2.58  |
| 1B  | 232.87 | 14.53 | 3.02 | 8.48  | 21.96 | 0.77  | 1.38  | 2.86  | 0.38  | 2.46  |
| 2A  | 146.15 | 9.52  | 1.91 | 5.89  | 18.54 | -0.51 | -0.14 | 0.59  | -0.55 | 0.16  |
| 2B  | 99.86  | 6.90  | 1.49 | 4.00  | 5.81  | -1.20 | -0.93 | -0.27 | -1.23 | -0.79 |
| 3A  | 143.24 | 8.72  | 1.54 | 6.24  | 8.95  | -0.56 | -0.38 | -0.17 | -0.42 | -0.16 |
| 3B  | 200.71 | 12.49 | 2.27 | 9.01  | 13.64 | 0.29  | 0.76  | 1.32  | 0.57  | 0.79  |
| 4A  | 161.87 | 9.31  | 1.61 | 8.88  | 6.68  | -0.28 | -0.20 | -0.03 | 0.24  | -0.61 |
| 4B  | 185.08 | 6.09  | 1.14 | 4.95  | 3.34  | -1.12 | -1.17 | -0.99 | -0.89 | -1.28 |
| 5A  | 163.84 | 9.67  | 1.63 | 7.70  | 7.41  | -0.26 | -0.89 | 0.81  | 0.18  | -0.47 |
| 5B  | 184.93 | 6.61  | 1.38 | 3.48  | 6.91  | -1.12 | -1.02 | -0.66 | -1.41 | -0.57 |
| 6A  | 83.12  | 5.87  | 1.08 | 3.75  | 4.37  | -1.44 | -1.48 | -1.11 | -1.32 | -1.88 |
| 6B  | 90.53  | 4.63  | 0.98 | 3.53  | 2.84  | -1.33 | -1.61 | -1.32 | -1.48 | -1.39 |
| 7A  | 134.18 | 6.23  | 0.95 | 4.97  | 1.59  | -0.69 | -1.13 | -1.38 | -0.88 | -1.64 |
| 7B  | 279.06 | 16.11 | 2.33 | 12.48 | 15.36 | 1.45  | 1.85  | 1.45  | 1.82  | 1.13  |
| 8A  | 207.88 | 11.97 | 1.73 | 9.04  | 18.38 | 0.40  | 0.68  | 0.22  | 0.59  | 0.13  |
| 8B  | 261.45 | 15.13 | 2.65 | 9.37  | 18.05 | 1.19  | 1.56  | 2.18  | 0.78  | 1.68  |
| 9A  | 218.47 | 11.57 | 1.85 | 8.31  | 12.38 | 0.56  | 0.48  | 0.46  | 0.32  | 0.52  |
| 9B  | 261.36 | 14.44 | 2.37 | 8.66  | 15.84 | 1.19  | 1.35  | 1.53  | 0.45  | 1.87  |
| 10A | 285.29 | 10.66 | 1.76 | 8.68  | 6.85  | 0.36  | 0.21  | 0.28  | 0.43  | -0.74 |
| 10B | 161.41 | 9.16  | 1.63 | 18.36 | 4.83  | -0.29 | -0.25 | 0.81  | 1.86  | -1.15 |
| 11A | 171.99 | 9.33  | 1.34 | 9.21  | 5.25  | -0.13 | -0.19 | -0.58 | 0.64  | -0.90 |
| 11B | 188.88 | 10.80 | 1.55 | 9.88  | 6.18  | 0.11  | 0.81  | -0.15 | 0.57  | -0.71 |
| 12A | 335.69 | 15.39 | 2.17 | 15.18 | 11.84 | 2.29  | 1.64  | 1.12  | 2.79  | 0.27  |
| 12B | 323.03 | 16.88 | 2.58 | 13.77 | 15.46 | 2.18  | 2.09  | 1.96  | 2.28  | 1.15  |
| 13A | 271.97 | 7.89  | 0.86 | 9.12  | 1.63  | 1.35  | -0.63 | -1.56 | 0.61  | -1.63 |
| 13B | 388.43 | 15.25 | 2.24 | 18.55 | 13.98 | 1.77  | 1.59  | 1.26  | 1.13  | 0.86  |
| 14A | 295.53 | 16.58 | 2.38 | 12.58 | 18.69 | 1.69  | 1.97  | 1.39  | 1.83  | 1.88  |
| 14B | 197.78 | 18.94 | 1.95 | 8.56  | 12.18 | 0.25  | 0.29  | 0.67  | 0.41  | 0.49  |
| 15A | 122.82 | 8.47  | 1.88 | 4.98  | 9.58  | -0.86 | -0.45 | 0.53  | -0.98 | -0.84 |
| 15B | 122.16 | 7.38  | 1.29 | 5.32  | 5.56  | -0.87 | -0.81 | -0.68 | -0.75 | -0.84 |
| 16A | 166.92 | 10.18 | 1.77 | 6.53  | 12.11 | -0.21 | 0.84  | 0.38  | -0.28 | 0.48  |
| 16B | 164.41 | 9.83  | 1.72 | 7.22  | 11.89 | -0.24 | -0.84 | 0.28  | -0.87 | 0.28  |
| 17A | 163.47 | 8.59  | 1.58 | 6.36  | 18.94 | -0.26 | -0.42 | -0.89 | -0.38 | 0.25  |
| 17B | 78.56  | 4.52  | 0.99 | 2.88  | 5.72  | -1.63 | -1.65 | -1.38 | -1.63 | -0.81 |
| 18A | 128.99 | 8.42  | 1.48 | 8.53  | 7.86  | -0.77 | -0.47 | -0.29 | 0.48  | -0.27 |
| 18B | 131.81 | 7.29  | 1.21 | 5.52  | 6.35  | -0.72 | -0.81 | -0.85 | -0.68 | -0.68 |
| 19A | 288.64 | 18.15 | 1.48 | 7.11  | 9.13  | 0.29  | 0.85  | -0.46 | -0.11 | -0.12 |
| 19B | 155.87 | 8.18  | 1.38 | 5.19  | 6.99  | -0.37 | -0.54 | -0.66 | -0.88 | -0.55 |
| 20A | 227.22 | 12.34 | 1.83 | 8.88  | 13.58 | 0.68  | 0.72  | 0.42  | 0.58  | 0.76  |
| 20B | 149.33 | 8.63  | 1.32 | 8.91  | 6.59  | -0.47 | -0.41 | -0.62 | 0.54  | -0.63 |
| 21A | 194.84 | 18.78 | 1.57 | 8.77  | 11.57 | 0.19  | 0.24  | -0.11 | 0.49  | 0.37  |
| 21B | 113.84 | 7.88  | 1.11 | 4.95  | 4.87  | -0.99 | -0.87 | -1.05 | -0.89 | -1.14 |
| 22A | 229.56 | 11.72 | 1.78 | 18.68 | 18.88 | 0.72  | 0.53  | 0.32  | 1.14  | 0.23  |
| 22B | 148.85 | 8.84  | 1.41 | 6.31  | 6.35  | -0.59 | -0.58 | -0.44 | -0.48 | -0.68 |
| 23A | 215.22 | 11.71 | 1.52 | 9.41  | 18.18 | 0.51  | 0.53  | -0.21 | 0.72  | 0.88  |
| 23B | 134.76 | 7.21  | 1.86 | 5.45  | 4.26  | -0.68 | -0.83 | -1.15 | -0.71 | -1.18 |
| 24A | 178.29 | 9.36  | 1.39 | 6.09  | 7.59  | -0.84 | -0.18 | -0.48 | -0.48 | -0.43 |
| 24B | 185.05 | 9.25  | 1.48 | 6.69  | 8.38  | 0.88  | -0.21 | -0.29 | -0.26 | -0.27 |
| 25A | 192.76 | 18.32 | 1.92 | 6.17  | 14.79 | 0.18  | 0.11  | 0.61  | -0.45 | 1.02  |
| 25B | 166.77 | 18.25 | 1.86 | 6.85  | 16.63 | -0.21 | 0.88  | 0.49  | -0.49 | 1.39  |
| 26A | 113.68 | 7.56  | 1.56 | 3.73  | 11.39 | -0.99 | -0.73 | -0.13 | -1.32 | 0.34  |
| 26B | 113.61 | 7.28  | 1.49 | 4.35  | 18.99 | -0.99 | -0.84 | -0.27 | -1.18 | 0.26  |
| 27A | 175.23 | 9.72  | 1.78 | 5.84  | 13.67 | -0.88 | -0.88 | 0.32  | -0.57 | 0.79  |
| 27B | 64.22  | 3.57  | 0.67 | 2.43  | 1.84  | -1.72 | -1.93 | -1.95 | -1.79 | -1.75 |
| 28A | 111.19 | 6.19  | 1.38 | 4.39  | 2.89  | -1.83 | -1.14 | -0.66 | -1.09 | -1.88 |
| 28B | 85.24  | 4.83  | 0.79 | 3.22  | 8.61  | -1.41 | -1.79 | -1.71 | -1.51 | -1.83 |
| 29A | 383.59 | 17.88 | 1.57 | 13.95 | 14.48 | 2.99  | 2.37  | -0.11 | 2.35  | 0.94  |
| 29B | 321.31 | 16.65 | 2.24 | 12.78 | 14.88 | 2.87  | 2.82  | 1.26  | 1.93  | 1.82  |
| 30A | 288.63 | 18.57 | 1.57 | 8.32  | 7.94  | 0.41  | 0.18  | -0.11 | 0.32  | -0.36 |
| 30B | 187.32 | 18.85 | 1.62 | 7.15  | 12.81 | 0.18  | 0.82  | -0.01 | -0.18 | 0.46  |
| 31A | 175.31 | 9.25  | 1.17 | 7.15  | 9.38  | -0.88 | -0.22 | -0.93 | -0.18 | -0.89 |
| 31B | 176.34 | 18.72 | 1.38 | 6.63  | 18.81 | -0.87 | 0.23  | -0.58 | -0.28 | 0.22  |
| 32A | 198.18 | 11.55 | 2.83 | 8.33  | 19.53 | 0.26  | 0.48  | 0.83  | 0.33  | 1.97  |
| 32B | 119.88 | 7.11  | 0.96 | 5.57  | 7.88  | -0.98 | -0.86 | -1.36 | -0.66 | -0.37 |
| 33A | 166.85 | 9.67  | 1.58 | 6.22  | 18.37 | -0.22 | -0.89 | -0.25 | -0.43 | 0.13  |
| 33B | 197.53 | 11.28 | 1.54 | 8.42  | 11.91 | 0.25  | 0.37  | -0.17 | 0.36  | 0.44  |

Tabla 4.

Normalización del peso neto de los componentes a un cm<sup>2</sup> de superficie de depositación muestreada. La razón de acumulación de la derecha esta estandarizada con respecto a los promedios y desviación estandar de cada serie de 33 láminas claras y 33 laminas oscuras.

## A P E N D I C E   I I

DATOS DEL  
ANALISIS  
DE PARTICULAS

# PORCENTAJES RELATIVOS

| LAM | 100%  |      |      |      |      | 100%  |      |       |       | 100%  |       |       | 100%  |       |
|-----|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | AGUA  | SRL  | M.O. | S.O. | TERR | SRL   | M.O. | S.O.  | TERR  | M.O.  | S.O.  | TERR  | S.O.  | TERR  |
| 1A  | 83.15 | 5.13 | 0.99 | 2.89 | 7.84 | 38.44 | 5.09 | 17.13 | 46.55 | 8.46  | 24.62 | 66.91 | 26.98 | 73.18 |
| 1B  | 82.91 | 5.17 | 1.07 | 3.02 | 7.82 | 38.28 | 6.29 | 17.67 | 45.76 | 9.02  | 25.34 | 65.64 | 27.85 | 72.15 |
| 2A  | 83.99 | 5.47 | 1.10 | 3.38 | 6.06 | 34.18 | 6.86 | 21.13 | 37.84 | 10.42 | 32.89 | 57.49 | 35.83 | 64.17 |
| 2B  | 84.59 | 5.85 | 1.26 | 3.38 | 4.92 | 37.95 | 8.17 | 21.96 | 31.92 | 13.17 | 35.48 | 51.44 | 40.76 | 59.24 |
| 3A  | 84.92 | 5.17 | 0.91 | 3.70 | 5.38 | 34.27 | 6.06 | 24.51 | 35.16 | 9.22  | 37.29 | 53.49 | 41.88 | 58.92 |
| 3B  | 84.29 | 5.25 | 0.95 | 3.70 | 5.73 | 33.39 | 6.06 | 24.89 | 36.46 | 9.10  | 36.16 | 54.74 | 39.78 | 60.22 |
| 4A  | 86.31 | 4.97 | 0.86 | 4.31 | 3.56 | 36.27 | 6.27 | 31.46 | 26.81 | 9.83  | 49.36 | 48.81 | 54.74 | 45.26 |
| 4B  | 87.14 | 5.05 | 0.95 | 4.10 | 2.77 | 39.24 | 7.35 | 31.91 | 21.50 | 12.10 | 52.51 | 35.39 | 59.74 | 40.26 |
| 5A  | 86.06 | 5.10 | 0.86 | 4.06 | 3.91 | 36.60 | 6.10 | 29.15 | 28.07 | 9.75  | 45.98 | 44.27 | 58.95 | 49.05 |
| 5B  | 85.15 | 5.36 | 1.06 | 2.82 | 5.61 | 36.11 | 7.11 | 19.81 | 37.77 | 11.13 | 29.75 | 59.12 | 33.48 | 66.52 |
| 6A  | 85.35 | 5.20 | 1.11 | 3.85 | 4.49 | 35.52 | 7.59 | 26.25 | 38.64 | 11.77 | 40.71 | 47.52 | 46.14 | 53.86 |
| 6B  | 88.31 | 4.52 | 0.96 | 3.44 | 2.77 | 38.64 | 8.18 | 29.45 | 23.73 | 13.33 | 47.99 | 38.67 | 55.38 | 44.62 |
| 7A  | 90.71 | 4.22 | 0.64 | 3.36 | 1.07 | 45.37 | 6.92 | 36.16 | 11.94 | 12.67 | 66.20 | 21.13 | 75.88 | 24.28 |
| 7B  | 85.77 | 4.95 | 0.72 | 3.84 | 4.72 | 34.81 | 5.03 | 26.97 | 33.19 | 7.72  | 41.37 | 58.91 | 44.83 | 55.17 |
| 8A  | 86.26 | 4.97 | 0.72 | 3.75 | 4.31 | 36.14 | 5.23 | 27.29 | 31.35 | 8.18  | 42.73 | 49.09 | 46.54 | 53.46 |
| 8B  | 85.26 | 4.93 | 0.86 | 3.05 | 5.89 | 34.81 | 5.43 | 24.42 | 36.14 | 8.23  | 37.01 | 54.76 | 48.33 | 59.67 |
| 9A  | 86.58 | 4.78 | 0.79 | 2.87 | 4.98 | 35.64 | 5.85 | 21.38 | 37.13 | 9.09  | 33.22 | 57.69 | 36.54 | 63.46 |
| 9B  | 88.35 | 4.59 | 0.76 | 3.70 | 2.68 | 39.39 | 6.49 | 31.78 | 22.34 | 10.71 | 52.43 | 36.86 | 58.72 | 41.28 |
| 10A | 86.51 | 4.91 | 0.87 | 5.55 | 2.16 | 36.39 | 6.47 | 41.14 | 16.88 | 10.17 | 64.68 | 25.15 | 72.88 | 27.99 |
| 10B | 87.25 | 4.73 | 0.68 | 4.67 | 2.66 | 37.13 | 5.34 | 36.65 | 28.88 | 8.49  | 58.29 | 33.21 | 63.78 | 36.38 |
| 11A | 87.55 | 4.65 | 0.72 | 4.19 | 2.88 | 37.48 | 5.81 | 33.67 | 23.12 | 9.29  | 53.78 | 36.93 | 59.29 | 40.71 |
| 11B | 88.46 | 4.06 | 0.57 | 4.80 | 2.91 | 35.15 | 4.97 | 34.67 | 23.21 | 7.66  | 53.46 | 38.88 | 57.98 | 42.18 |
| 12A | 86.98 | 4.54 | 0.69 | 3.70 | 4.16 | 34.67 | 5.30 | 28.28 | 31.75 | 8.12  | 43.28 | 48.68 | 47.11 | 52.89 |
| 12B | 93.31 | 2.71 | 0.30 | 3.13 | 8.56 | 48.45 | 4.42 | 46.77 | 8.35  | 7.49  | 78.55 | 14.93 | 84.85 | 15.15 |
| 13A | 87.73 | 4.45 | 0.65 | 3.08 | 4.08 | 36.29 | 5.32 | 25.12 | 33.27 | 8.35  | 39.43 | 52.22 | 43.82 | 56.98 |
| 13B | 85.53 | 4.78 | 0.67 | 3.62 | 5.41 | 33.81 | 4.68 | 25.88 | 37.39 | 6.86  | 37.32 | 55.81 | 48.07 | 59.93 |
| 14A | 85.46 | 4.73 | 0.84 | 3.78 | 5.26 | 32.52 | 5.81 | 25.46 | 36.21 | 8.61  | 37.74 | 53.66 | 41.29 | 58.71 |
| 14B | 83.23 | 5.74 | 1.28 | 3.32 | 6.44 | 34.21 | 7.62 | 19.78 | 38.39 | 11.57 | 38.07 | 58.36 | 34.81 | 65.99 |
| 15A | 86.26 | 5.15 | 0.91 | 3.75 | 3.93 | 37.49 | 6.64 | 27.31 | 28.56 | 10.62 | 43.69 | 45.69 | 48.88 | 51.12 |
| 15B | 84.51 | 5.12 | 0.89 | 3.35 | 6.13 | 33.81 | 5.77 | 21.65 | 39.57 | 8.61  | 32.32 | 59.87 | 35.36 | 64.64 |
| 16A | 84.63 | 5.06 | 0.89 | 3.71 | 5.71 | 32.92 | 5.76 | 24.17 | 37.14 | 8.59  | 36.03 | 55.38 | 39.42 | 60.58 |
| 16B | 85.61 | 4.50 | 0.83 | 3.33 | 5.73 | 31.27 | 5.76 | 23.15 | 39.82 | 8.37  | 33.69 | 57.94 | 36.77 | 63.23 |
| 17A | 83.34 | 5.34 | 1.17 | 3.48 | 6.75 | 32.07 | 7.81 | 28.39 | 48.52 | 10.32 | 38.02 | 59.66 | 33.48 | 66.52 |
| 17B | 83.07 | 5.43 | 0.95 | 5.50 | 5.06 | 32.84 | 5.62 | 32.46 | 29.88 | 8.26  | 47.76 | 43.98 | 32.86 | 67.94 |
| 18A | 86.61 | 4.79 | 0.88 | 3.63 | 4.17 | 35.79 | 5.95 | 27.89 | 31.17 | 9.27  | 42.19 | 48.55 | 46.49 | 53.51 |
| 18B | 87.84 | 4.44 | 0.61 | 3.11 | 4.88 | 36.52 | 5.84 | 25.57 | 32.87 | 7.93  | 48.28 | 51.79 | 43.75 | 56.25 |
| 19A | 86.17 | 4.68 | 0.70 | 3.34 | 5.12 | 37.77 | 5.99 | 23.98 | 32.26 | 9.63  | 38.53 | 51.83 | 42.64 | 57.36 |
| 19B | 85.44 | 4.94 | 0.76 | 5.10 | 3.77 | 33.84 | 5.83 | 24.12 | 37.82 | 7.68  | 36.45 | 55.95 | 39.45 | 60.55 |
| 20A | 85.58 | 4.76 | 0.69 | 3.87 | 5.18 | 33.92 | 5.19 | 35.88 | 25.98 | 7.85  | 52.96 | 39.19 | 57.48 | 42.52 |
| 20B | 86.87 | 5.41 | 0.84 | 3.78 | 3.11 | 32.98 | 4.88 | 26.82 | 35.48 | 7.16  | 48.02 | 52.82 | 43.11 | 56.89 |
| 21A | 86.78 | 4.43 | 0.67 | 4.01 | 4.11 | 41.17 | 6.43 | 28.76 | 23.64 | 10.93 | 48.89 | 48.19 | 54.88 | 45.12 |
| 21B | 86.42 | 4.94 | 0.87 | 3.87 | 3.98 | 33.58 | 5.88 | 38.31 | 31.11 | 7.64  | 45.58 | 46.78 | 49.35 | 50.65 |
| 22A | 86.88 | 4.72 | 0.61 | 3.79 | 4.08 | 36.36 | 6.39 | 28.54 | 28.72 | 10.84 | 44.84 | 45.12 | 49.84 | 50.16 |
| 22B | 88.22 | 4.72 | 0.70 | 3.57 | 2.79 | 35.77 | 4.63 | 28.74 | 38.87 | 7.21  | 44.74 | 48.85 | 48.21 | 51.79 |
| 23A | 87.95 | 4.62 | 0.68 | 3.01 | 3.74 | 48.88 | 5.91 | 38.32 | 23.69 | 9.66  | 58.68 | 39.53 | 56.14 | 43.86 |
| 23B | 87.82 | 4.37 | 0.70 | 3.16 | 3.96 | 38.33 | 5.67 | 24.95 | 31.86 | 9.19  | 48.45 | 58.36 | 44.54 | 55.46 |
| 24A | 85.31 | 4.57 | 0.85 | 2.73 | 6.55 | 35.87 | 5.73 | 25.91 | 32.49 | 8.93  | 48.48 | 58.66 | 44.37 | 55.63 |
| 24B | 82.74 | 5.09 | 0.92 | 3.08 | 8.25 | 31.89 | 5.78 | 18.57 | 44.56 | 8.38  | 26.95 | 64.66 | 29.42 | 70.58 |
| 25A | 82.42 | 5.48 | 1.13 | 2.71 | 8.26 | 29.47 | 5.34 | 17.39 | 47.79 | 7.58  | 24.66 | 67.76 | 26.68 | 73.32 |
| 25B | 82.54 | 5.23 | 1.08 | 3.16 | 7.99 | 31.18 | 6.44 | 15.39 | 46.99 | 9.36  | 22.37 | 68.28 | 24.68 | 75.32 |
| 26A | 84.96 | 4.71 | 0.86 | 2.83 | 6.63 | 29.95 | 6.28 | 18.18 | 45.75 | 8.85  | 25.84 | 65.31 | 28.35 | 71.65 |
| 26B | 89.28 | 4.97 | 0.93 | 3.38 | 1.45 | 31.34 | 5.75 | 18.82 | 44.89 | 8.37  | 27.42 | 64.22 | 29.92 | 70.08 |
| 27A | 88.27 | 4.91 | 1.03 | 3.48 | 2.30 | 46.31 | 8.69 | 31.48 | 13.52 | 16.19 | 58.63 | 25.18 | 69.95 | 30.05 |
| 27B | 90.79 | 4.29 | 0.84 | 3.43 | 0.65 | 41.91 | 8.81 | 29.71 | 19.57 | 15.16 | 51.13 | 33.69 | 68.29 | 39.71 |
| 28A | 88.94 | 4.13 | 0.36 | 3.24 | 3.34 | 46.58 | 9.17 | 37.21 | 7.84  | 17.17 | 69.66 | 13.17 | 84.18 | 15.98 |
| 28B | 87.36 | 4.53 | 0.61 | 3.48 | 4.82 | 37.38 | 3.29 | 29.24 | 38.17 | 5.25  | 46.63 | 48.12 | 49.21 | 58.79 |
| 29A | 88.82 | 4.46 | 0.66 | 3.51 | 3.35 | 35.83 | 4.82 | 27.51 | 31.84 | 7.51  | 42.87 | 49.62 | 46.35 | 53.65 |
| 29B | 85.87 | 4.61 | 0.74 | 3.28 | 5.58 | 37.21 | 5.52 | 29.31 | 27.97 | 8.79  | 46.68 | 44.54 | 51.17 | 48.83 |
| 30A | 86.71 | 4.57 | 0.58 | 3.54 | 4.68 | 34.42 | 4.35 | 26.62 | 34.61 | 7.79  | 34.41 | 57.79 | 37.32 | 62.68 |
| 30B | 85.65 | 5.28 | 0.67 | 3.22 | 5.25 | 36.28 | 4.67 | 22.46 | 36.59 | 6.63  | 48.59 | 52.77 | 43.48 | 56.52 |
| 31A | 82.71 | 4.82 | 0.85 | 3.48 | 8.15 | 27.87 | 4.89 | 28.11 | 47.12 | 7.33  | 35.25 | 57.42 | 38.84 | 61.96 |
| 31B | 84.77 | 5.83 | 0.68 | 3.94 | 5.57 | 32.68 | 5.25 | 23.19 | 38.95 | 6.78  | 27.89 | 65.33 | 29.91 | 70.07 |
| 32A | 85.68 | 4.99 | 0.78 | 3.21 | 5.35 | 33.84 | 4.48 | 25.98 | 36.59 | 6.68  | 38.67 | 54.64 | 41.44 | 58.56 |
| 32B | 85.68 | 4.99 | 0.78 | 3.21 | 5.35 | 34.83 | 5.42 | 22.48 | 37.36 | 8.31  | 34.37 | 57.32 | 37.48 | 62.52 |
| 33A | 85.66 | 4.86 | 0.67 | 3.65 | 5.16 | 33.86 | 4.64 | 25.48 | 36.82 | 7.02  | 38.52 | 54.46 | 41.43 | 58.57 |

Tabla 5.

Porcentajes de la razón de acumulación de los componentes principales con respecto al peso húmedo, con respecto al peso seco, con respecto al peso seco libre de sales solubles, y con respecto al peso seco del material biogénico (silíce opalino) y del material terrígeno libre de sales solubles y de materia orgánica.

# NUMERO DE INTERVALO

## SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

| 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12   | 13   | 14   | 15  | 16  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|
| 483. | 2016. | 1013. | 1226. | 2253. | 2876. | 3289. | 1796. | 1261. | 1126. | 571.  | 378. | 165. | 79.  | 18. | 5.  |
| 393. | 1351. | 809.  | 920.  | 1362. | 1946. | 2614. | 1562. | 1154. | 811.  | 443.  | 261. | 123. | 76.  | 23. | 6.  |
| 410. | 1825. | 984.  | 1113. | 1562. | 2200. | 2789. | 1548. | 993.  | 846.  | 494.  | 307. | 143. | 84.  | 24. | 7.  |
| 221. | 731.  | 275.  | 413.  | 580.  | 904.  | 1137. | 653.  | 472.  | 365.  | 217.  | 119. | 59.  | 28.  | 3.  | 1.  |
| 208. | 1253. | 744.  | 936.  | 1481. | 1965. | 2239. | 1276. | 843.  | 707.  | 407.  | 241. | 121. | 68.  | 12. | 1.  |
| 516. | 2126. | 1072. | 1398. | 2519. | 3545. | 3988. | 2087. | 1411. | 1149. | 605.  | 390. | 210. | 148. | 23. | 8.  |
| 390. | 984.  | 644.  | 807.  | 1277. | 1845. | 2374. | 1278. | 1040. | 741.  | 386.  | 226. | 113. | 76.  | 23. | 5.  |
| 171. | 485.  | 398.  | 563.  | 836.  | 1205. | 1562. | 822.  | 597.  | 510.  | 303.  | 167. | 99.  | 56.  | 11. | 1.  |
| 466. | 1586. | 786.  | 1136. | 1570. | 2256. | 2897. | 1689. | 1062. | 860.  | 479.  | 304. | 125. | 81.  | 11. | 4.  |
| 290. | 696.  | 406.  | 616.  | 895.  | 1217. | 1446. | 767.  | 572.  | 467.  | 286.  | 182. | 103. | 40.  | 12. | 7.  |
| 85.  | 604.  | 453.  | 473.  | 688.  | 1072. | 1276. | 714.  | 486.  | 421.  | 241.  | 160. | 86.  | 61.  | 11. | 4.  |
| 80.  | 405.  | 266.  | 345.  | 591.  | 918.  | 1127. | 657.  | 504.  | 405.  | 239.  | 152. | 104. | 48.  | 3.  | 4.  |
| 77.  | 828.  | 415.  | 457.  | 727.  | 1189. | 1718. | 925.  | 638.  | 593.  | 347.  | 241. | 113. | 67.  | 16. | 4.  |
| 727. | 2475. | 1117. | 1750. | 2792. | 3559. | 3683. | 1950. | 1449. | 1281. | 662.  | 410. | 223. | 89.  | 16. | 9.  |
| 357. | 1525. | 909.  | 1194. | 1943. | 2610. | 3028. | 1662. | 1098. | 856.  | 487.  | 296. | 203. | 79.  | 20. | 5.  |
| 604. | 1574. | 1238. | 1718. | 2546. | 3480. | 3863. | 1945. | 1339. | 1109. | 574.  | 364. | 167. | 94.  | 23. | 2.  |
| 444. | 1393. | 939.  | 1135. | 1823. | 2463. | 2813. | 1463. | 1034. | 820.  | 393.  | 213. | 135. | 79.  | 9.  | 5.  |
| 451. | 2497. | 1135. | 1397. | 1999. | 2479. | 3106. | 1712. | 1199. | 925.  | 437.  | 311. | 151. | 80.  | 26. | 2.  |
| 300. | 1491. | 716.  | 832.  | 1410. | 2123. | 2825. | 1531. | 1084. | 865.  | 462.  | 260. | 120. | 68.  | 13. | 6.  |
| 363. | 1230. | 597.  | 772.  | 1138. | 1811. | 1889. | 916.  | 639.  | 503.  | 301.  | 155. | 54.  | 30.  | 9.  | 1.  |
| 566. | 2216. | 1165. | 1429. | 2180. | 2635. | 4064. | 2250. | 1561. | 1334. | 756.  | 472. | 260. | 146. | 34. | 15. |
| 392. | 1167. | 418.  | 999.  | 1464. | 2319. | 2507. | 1376. | 984.  | 849.  | 543.  | 307. | 185. | 94.  | 28. | 4.  |
| 711. | 2821. | 1455. | 1819. | 2735. | 3955. | 4824. | 2816. | 2017. | 1703. | 1020. | 750. | 409. | 184. | 47. | 9.  |
| 696. | 3403. | 1534. | 1885. | 1926. | 3684. | 5086. | 3215. | 2235. | 1804. | 1020. | 687. | 305. | 147. | 39. | 10. |
| 135. | 451.  | 192.  | 279.  | 432.  | 680.  | 946.  | 543.  | 418.  | 391.  | 254.  | 167. | 133. | 75.  | 7.  | 1.  |
| 629. | 2298. | 1122. | 1360. | 2042. | 3000. | 3759. | 1979. | 1616. | 1195. | 663.  | 420. | 198. | 110. | 24. | 4.  |
| 797. | 3068. | 932.  | 2110. | 3233. | 4848. | 4603. | 2529. | 1783. | 1736. | 989.  | 730. | 342. | 184. | 45. | 8.  |
| 525. | 1383. | 789.  | 1209. | 1768. | 2509. | 2686. | 1454. | 1085. | 877.  | 545.  | 371. | 216. | 122. | 35. | 13. |
| 88.  | 748.  | 410.  | 491.  | 835.  | 1202. | 1675. | 984.  | 589.  | 448.  | 267.  | 130. | 90.  | 41.  | 9.  | 5.  |
| 161. | 1039. | 702.  | 979.  | 1389. | 1979. | 2918. | 1726. | 1183. | 988.  | 525.  | 393. | 211. | 91.  | 17. | 6.  |
| 311. | 1252. | 573.  | 708.  | 1180. | 1947. | 2315. | 1227. | 904.  | 689.  | 373.  | 244. | 128. | 57.  | 12. | 1.  |
| 477. | 2083. | 1069. | 1307. | 1981. | 2875. | 3588. | 1331. | 1338. | 1073. | 608.  | 368. | 171. | 84.  | 30. | 12. |
| 280. | 839.  | 708.  | 715.  | 1057. | 1685. | 2305. | 1543. | 1092. | 748.  | 397.  | 226. | 141. | 79.  | 22. | 6.  |
| 50.  | 131.  | 163.  | 295.  | 539.  | 791.  | 1018. | 539.  | 381.  | 322.  | 188.  | 102. | 50.  | 33.  | 4.  | 3.  |
| 117. | 863.  | 502.  | 549.  | 947.  | 1409. | 1722. | 949.  | 735.  | 570.  | 345.  | 154. | 76.  | 41.  | 4.  | 2.  |
| 177. | 766.  | 571.  | 657.  | 991.  | 1622. | 2145. | 1268. | 843.  | 717.  | 397.  | 286. | 184. | 45.  | 22. | 3.  |
| 359. | 1184. | 695.  | 894.  | 1366. | 2029. | 2596. | 1480. | 1068. | 770.  | 407.  | 289. | 117. | 70.  | 25. | 8.  |
| 251. | 1326. | 738.  | 925.  | 1354. | 1970. | 2804. | 1110. | 738.  | 581.  | 266.  | 165. | 71.  | 38.  | 15. | 7.  |
| 315. | 1450. | 911.  | 1092. | 1590. | 2310. | 2889. | 1446. | 990.  | 820.  | 395.  | 240. | 116. | 53.  | 22. | 6.  |
| 111. | 794.  | 726.  | 692.  | 917.  | 1530. | 1991. | 1318. | 1066. | 705.  | 420.  | 270. | 156. | 77.  | 17. | 1.  |
| 372. | 2122. | 1122. | 1265. | 1915. | 2956. | 3929. | 2306. | 1614. | 1202. | 621.  | 340. | 177. | 104. | 28. | 7.  |
| 162. | 561.  | 387.  | 427.  | 670.  | 1020. | 1340. | 757.  | 531.  | 435.  | 210.  | 114. | 62.  | 22.  | 12. | 4.  |
| 932. | 2454. | 1459. | 1657. | 2473. | 3471. | 4749. | 2656. | 1950. | 1495. | 770.  | 470. | 242. | 149. | 26. | 6.  |
| 194. | 999.  | 816.  | 969.  | 1408. | 2085. | 3095. | 1744. | 1010. | 780.  | 439.  | 238. | 115. | 68.  | 22. | 6.  |
| 596. | 1770. | 1346. | 1771. | 2627. | 3590. | 4072. | 2223. | 1538. | 1325. | 795.  | 468. | 255. | 130. | 30. | 5.  |
| 276. | 889.  | 506.  | 759.  | 1146. | 1702. | 2010. | 1095. | 769.  | 683.  | 389.  | 244. | 122. | 48.  | 8.  | 4.  |
| 508. | 2894. | 1262. | 1386. | 2189. | 2926. | 3435. | 1879. | 1298. | 1068. | 590.  | 372. | 168. | 104. | 19. | 3.  |
| 300. | 1280. | 613.  | 1063. | 962.  | 1473. | 1983. | 1219. | 774.  | 666.  | 352.  | 228. | 119. | 50.  | 17. | 3.  |
| 421. | 1406. | 810.  | 1076. | 1695. | 2170. | 2460. | 1107. | 794.  | 655.  | 373.  | 231. | 134. | 62.  | 17. | 4.  |
| 616. | 2152. | 1023. | 1308. | 1749. | 2200. | 2386. | 1234. | 862.  | 637.  | 355.  | 262. | 124. | 93.  | 23. | 5.  |
| 71.  | 916.  | 451.  | 573.  | 741.  | 1201. | 1843. | 1090. | 739.  | 497.  | 272.  | 132. | 83.  | 28.  | 19. | 6.  |
| 324. | 954.  | 427.  | 529.  | 795.  | 1831. | 1299. | 750.  | 419.  | 370.  | 185.  | 122. | 74.  | 32.  | 5.  | 1.  |
| 366. | 1372. | 686.  | 847.  | 1265. | 1781. | 2421. | 1305. | 862.  | 696.  | 351.  | 241. | 133. | 63.  | 12. | 4.  |
| -28. | -93.  | 39.   | 213.  | 417.  | 680.  | 889.  | 397.  | 341.  | 234.  | 144.  | 74.  | 45.  | 27.  | 10. | 6.  |
| 156. | 659.  | 352.  | 478.  | 659.  | 1065. | 1582. | 918.  | 527.  | 351.  | 192.  | 93.  | 38.  | 11.  | 6.  | 3.  |
| 30.  | 289.  | 186.  | 292.  | 469.  | 893.  | 1233. | 711.  | 398.  | 329.  | 169.  | 77.  | 43.  | 17.  | 9.  | 1.  |
| 971. | 2737. | 1519. | 2155. | 3135. | 4639. | 5227. | 2758. | 1870. | 1450. | 757.  | 483. | 161. | 77.  | 26. | 10. |
| 957. | 4037. | 1930. | 2533. | 3594. | 5209. | 6607. | 3863. | 2724. | 1869. | 757.  | 460. | 173. | 87.  | 11. | 4.  |
| 207. | 1331. | 798.  | 974.  | 1575. | 2189. | 2564. | 1370. | 924.  | 698.  | 373.  | 222. | 104. | 81.  | 10. | 1.  |
| 292. | 1811. | 694.  | 893.  | 1450. | 1967. | 2519. | 1384. | 950.  | 771.  | 417.  | 276. | 92.  | 67.  | 15. | 2.  |
| 317. | 1244. | 767.  | 1198. | 1748. | 2452. | 2924. | 1417. | 973.  | 754.  | 344.  | 241. | 94.  | 53.  | 21. | 6.  |
| 312. | 1486. | 884.  | 1085. | 1565. | 2220. | 2196. | 1390. | 957.  | 801.  | 386.  | 219. | 122. | 62.  | 15. | 0.  |
| 622. | 2282. | 1252. | 1554. | 2021. | 2715. | 3785. | 2376. | 1741. | 1292. | 695.  | 411. | 286. | 127. | 33. | 12. |
| 361. | 1385. | 619.  | 835.  | 1229. | 1673. | 1905. | 1015. | 726.  | 625.  | 336.  | 255. | 154. | 111. | 38. | 7.  |
| 442. | 1706. | 982.  | 961.  | 1418. | 2007. | 2318. | 1253. | 799.  | 638.  | 395.  | 232. | 91.  | 56.  | 10. | 1.  |
| 953. | 3128. | 1535. | 1898. | 2632. | 3722. | 4151. | 2211. | 1633. | 1437. | 798.  | 552. | 339. | 260. | 27. | 6.  |

## PARTICULAS BIOGENICAS

Número absoluto de partículas biogenicas calculadas de la diferencia entre la fracción total (biogenica y terrígena) y la fracción terrígena.

# NUMERO DE INTERVALO

## SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

| 1    | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14  | 15  | 16 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|----|
| 600. | 2034. | 955.  | 1132. | 1210. | 1705. | 1925. | 907. | 606. | 547. | 320. | 104. | 92.  | 64. | 25. | 5. |
| 540. | 1794. | 820.  | 088.  | 1240. | 1715. | 1063. | 901. | 635. | 404. | 202. | 185. | 92.  | 45. | 16. | 5. |
| 296. | 047.  | 427.  | 491.  | 708.  | 945.  | 1070. | 513. | 378. | 297. | 163. | 114. | 70.  | 41. | 11. | 4. |
| 134. | 520.  | 265.  | 297.  | 409.  | 637.  | 699.  | 335. | 218. | 181. | 97.  | 66.  | 39.  | 21. | 8.  | 3. |
| 271. | 040.  | 341.  | 409.  | 547.  | 812.  | 933.  | 424. | 327. | 246. | 140. | 99.  | 49.  | 25. | 14. | 6. |
| 371. | 1270. | 645.  | 720.  | 797.  | 1100. | 1200. | 602. | 414. | 307. | 200. | 125. | 49.  | 26. | 12. | 2. |
| 253. | 027.  | 299.  | 347.  | 406.  | 606.  | 731.  | 376. | 213. | 170. | 106. | 63.  | 37.  | 23. | 0.  | 1. |
| 203. | 013.  | 235.  | 220.  | 200.  | 423.  | 461.  | 247. | 146. | 109. | 58.  | 47.  | 22.  | 14. | 5.  | 2. |
| 186. | 763.  | 320.  | 305.  | 456.  | 610.  | 730.  | 336. | 203. | 160. | 95.  | 67.  | 47.  | 23. | 9.  | 2. |
| 233. | 921.  | 410.  | 406.  | 502.  | 026.  | 077.  | 445. | 271. | 215. | 130. | 75.  | 52.  | 27. | 7.  | 1. |
| 364. | 440.  | 211.  | 242.  | 334.  | 467.  | 549.  | 270. | 193. | 139. | 91.  | 59.  | 31.  | 16. | 5.  | 1. |
| 160. | 565.  | 195.  | 193.  | 277.  | 399.  | 445.  | 221. | 125. | 110. | 59.  | 49.  | 19.  | 14. | 10. | 2. |
| 190. | 329.  | 163.  | 181.  | 221.  | 296.  | 326.  | 171. | 110. | 07.  | 50.  | 30.  | 30.  | 14. | 4.  | 2. |
| 379. | 1509. | 976.  | 768.  | 980.  | 1337. | 1401. | 730. | 470. | 370. | 232. | 163. | 92.  | 55. | 23. | 5. |
| 329. | 1179. | 453.  | 547.  | 709.  | 1035. | 1135. | 493. | 362. | 207. | 155. | 111. | 55.  | 39. | 15. | 3. |
| 427. | 1551. | 749.  | 732.  | 1110. | 1502. | 1601. | 007. | 569. | 451. | 252. | 164. | 90.  | 43. | 15. | 0. |
| 300. | 1137. | 497.  | 593.  | 004.  | 1115. | 1241. | 609. | 421. | 340. | 205. | 135. | 59.  | 38. | 15. | 6. |
| 349. | 1147. | 620.  | 662.  | 914.  | 1242. | 1259. | 626. | 409. | 345. | 107. | 127. | 67.  | 44. | 11. | 6. |
| 249. | 460.  | 224.  | 351.  | 436.  | 546.  | 640.  | 306. | 199. | 144. | 06.  | 57.  | 21.  | 11. | 5.  | 1. |
| 129. | 493.  | 234.  | 270.  | 410.  | 550.  | 690.  | 313. | 239. | 162. | 105. | 09.  | 54.  | 34. | 14. | 6. |
| 100. | 640.  | 260.  | 249.  | 377.  | 501.  | 551.  | 270. | 104. | 155. | 02.  | 56.  | 20.  | 10. | 6.  | 1. |
| 170. | 599.  | 257.  | 275.  | 374.  | 510.  | 603.  | 312. | 224. | 160. | 105. | 72.  | 29.  | 25. | 10. | 4. |
| 324. | 934.  | 370.  | 433.  | 599.  | 072.  | 976.  | 453. | 300. | 273. | 162. | 94.  | 55.  | 47. | 13. | 9. |
| 399. | 1372. | 500.  | 620.  | 061.  | 1106. | 1362. | 677. | 404. | 377. | 227. | 140. | 60.  | 46. | 15. | 0. |
| 160. | 460.  | 205.  | 229.  | 304.  | 423.  | 473.  | 216. | 165. | 112. | 03.  | 57.  | 35.  | 18. | 6.  | 1. |
| 319. | 1174. | 565.  | 666.  | 830.  | 1163. | 1305. | 637. | 425. | 330. | 197. | 131. | 73.  | 35. | 17. | 5. |
| 637. | 1050. | 1530. | 022.  | 1100. | 1601. | 1769. | 020. | 640. | 437. | 291. | 160. | 102. | 70. | 14. | 7. |
| 335. | 1442. | 637.  | 545.  | 694.  | 907.  | 1141. | 573. | 370. | 339. | 109. | 137. | 65.  | 41. | 19. | 5. |
| 225. | 924.  | 347.  | 424.  | 561.  | 703.  | 804.  | 412. | 341. | 244. | 146. | 119. | 53.  | 30. | 13. | 4. |
| 110. | 1132. | 437.  | 209.  | 391.  | 557.  | 577.  | 354. | 201. | 175. | 97.  | 54.  | 33.  | 20. | 0.  | 2. |
| 312. | 929.  | 496.  | 536.  | 765.  | 1065. | 1294. | 646. | 426. | 341. | 212. | 127. | 67.  | 36. | 12. | 4. |
| 340. | 1103. | 404.  | 523.  | 795.  | 1030. | 1174. | 579. | 390. | 292. | 164. | 111. | 60.  | 33. | 6.  | 1. |
| 002. | 927.  | 340.  | 446.  | 647.  | 099.  | 1056. | 505. | 316. | 200. | 179. | 109. | 51.  | 27. | 12. | 7. |
| 227. | 050.  | 344.  | 405.  | 516.  | 726.  | 050.  | 430. | 296. | 236. | 134. | 99.  | 71.  | 29. | 10. | 3. |
| 409. | 1133. | 453.  | 546.  | 730.  | 1029. | 1200. | 549. | 360. | 204. | 170. | 122. | 49.  | 31. | 15. | 3. |
| 327. | 1101. | 205.  | 320.  | 449.  | 636.  | 763.  | 372. | 250. | 192. | 100. | 66.  | 30.  | 21. | 5.  | 3. |
| 260. | 779.  | 312.  | 300.  | 540.  | 756.  | 045.  | 410. | 299. | 246. | 133. | 09.  | 47.  | 34. | 9.  | 2. |
| 312. | 772.  | 320.  | 334.  | 457.  | 610.  | 744.  | 342. | 224. | 100. | 112. | 04.  | 33.  | 22. | 7.  | 1. |
| 309. | 1360. | 510.  | 591.  | 810.  | 1097. | 1249. | 599. | 306. | 321. | 209. | 123. | 66.  | 30. | 9.  | 2. |
| 100. | 023.  | 310.  | 397.  | 556.  | 799.  | 914.  | 434. | 294. | 243. | 131. | 04.  | 39.  | 30. | 10. | 4. |
| 304. | 1069. | 454.  | 572.  | 721.  | 952.  | 1160. | 555. | 415. | 327. | 100. | 126. | 59.  | 32. | 13. | 3. |
| 219. | 672.  | 207.  | 229.  | 292.  | 457.  | 527.  | 253. | 179. | 153. | 90.  | 53.  | 29.  | 19. | 4.  | 2. |
| 311. | 971.  | 466.  | 490.  | 649.  | 055.  | 974.  | 470. | 340. | 245. | 153. | 90.  | 51.  | 27. | 15. | 3. |
| 206. | 700.  | 209.  | 335.  | 437.  | 615.  | 692.  | 366. | 220. | 147. | 90.  | 57.  | 30.  | 14. | 4.  | 1. |
| 326. | 041.  | 394.  | 440.  | 633.  | 070.  | 970.  | 457. | 304. | 222. | 115. | 105. | 41.  | 25. | 6.  | 4. |
| 196. | 655.  | 256.  | 227.  | 204.  | 306.  | 427.  | 195. | 123. | 96.  | 60.  | 41.  | 22.  | 16. | 6.  | 1. |
| 225. | 740.  | 233.  | 335.  | 455.  | 601.  | 750.  | 344. | 246. | 102. | 00.  | 73.  | 30.  | 20. | 9.  | 3. |
| 162. | 659.  | 319.  | 404.  | 622.  | 691.  | 706.  | 366. | 259. | 105. | 112. | 04.  | 39.  | 29. | 7.  | 4. |
| 319. | 1195. | 504.  | 607.  | 790.  | 1177. | 1304. | 640. | 450. | 320. | 179. | 122. | 56.  | 40. | 16. | 5. |
| 354. | 1225. | 503.  | 506.  | 069.  | 1197. | 1323. | 652. | 414. | 340. | 103. | 119. | 59.  | 37. | 11. | 6. |
| 278. | 946.  | 422.  | 499.  | 727.  | 960.  | 1067. | 533. | 351. | 292. | 159. | 95.  | 44.  | 26. | 7.  | 2. |
| 319. | 1239. | 551.  | 553.  | 012.  | 1110. | 1195. | 075. | 416. | 315. | 190. | 117. | 63.  | 33. | 12. | 6. |
| 201. | 967.  | 436.  | 574.  | 770.  | 1094. | 1131. | 566. | 302. | 277. | 146. | 99.  | 46.  | 29. | 9.  | 4. |
| 224. | 706.  | 232.  | 110.  | 157.  | 216.  | 260.  | 116. | 90.  | 55.  | 26.  | 26.  | 10.  | 10. | 1.  | 0. |
| 132. | 373.  | 140.  | 171.  | 234.  | 334.  | 351.  | 144. | 100. | 01.  | 51.  | 49.  | 18.  | 14. | 4.  | 1. |
| 162. | 324.  | 120.  | 136.  | 169.  | 222.  | 245.  | 107. | 01.  | 56.  | 24.  | 22.  | 9.   | 0.  | 2.  | 1. |
| 415. | 1503. | 795.  | 706.  | 930.  | 1134. | 1271. | 626. | 441. | 310. | 193. | 125. | 60.  | 40. | 12. | 4. |
| 471. | 1536. | 727.  | 764.  | 1092. | 1561. | 1601. | 912. | 530. | 432. | 242. | 150. | 110. | 49. | 19. | 5. |
| 333. | 991.  | 412.  | 327.  | 454.  | 671.  | 703.  | 353. | 229. | 101. | 106. | 76.  | 46.  | 27. | 9.  | 5. |
| 363. | 1267. | 564.  | 553.  | 644.  | 030.  | 922.  | 464. | 310. | 259. | 166. | 115. | 69.  | 37. | 10. | 7. |
| 353. | 1149. | 410.  | 402.  | 551.  | 752.  | 794.  | 309. | 270. | 225. | 140. | 101. | 59.  | 20. | 10. | 3. |
| 322. | 1096. | 374.  | 446.  | 576.  | 700.  | 950.  | 514. | 335. | 261. | 100. | 105. | 53.  | 41. | 10. | 0. |
| 441. | 1564. | 671.  | 703.  | 1063. | 1537. | 1731. | 920. | 607. | 492. | 304. | 199. | 110. | 64. | 22. | 5. |
| 242. | 077.  | 345.  | 377.  | 499.  | 730.  | 1113. | 561. | 412. | 333. | 207. | 137. | 60.  | 33. | 9.  | 4. |
| 029. | 970.  | 254.  | 456.  | 646.  | 903.  | 902.  | 510. | 367. | 290. | 170. | 113. | 51.  | 35. | 0.  | 3. |
| 364. | 930.  | 369.  | 452.  | 614.  | 051.  | 1013. | 520. | 362. | 279. | 170. | 124. | 59.  | 29. | 15. | 4. |

## PARTICULAS TERRIGENAS

Número absoluto de partículas terrígenas contadas por el método de electroresistencia después de eliminar el silice opalino.

# NUMERO DE INTERVALO

## SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

| 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3024.  | 19837. | 14668. | 23392. | 61181. | 134079. | 243518. | 219723. | 230536. | 323466. | 271025. | 305117. | 248569. | 240382. | 122314. | 131823. |
| 1897.  | 13294. | 11714. | 17554. | 36937. | 98723.  | 193541. | 191895. | 210974. | 232976. | 210270. | 215231. | 185297. | 231254. | 156290. | 158107. |
| 12567. | 17958. | 14248. | 21236. | 42361. | 102564. | 206498. | 189382. | 179712. | 243030. | 234477. | 253164. | 215427. | 255596. | 163065. | 184552. |
| 1393.  | 7193.  | 3982.  | 7080.  | 15738. | 42144.  | 84183.  | 79888.  | 86291.  | 104054. | 102999. | 98132.  | 80882.  | 60856.  | 20386.  | 26365.  |
| 1003.  | 12330. | 10773. | 17859. | 40165. | 91608.  | 165776. | 156106. | 154117. | 203100. | 193183. | 198738. | 182284. | 206911. | 81543.  | 26365.  |
| 3230.  | 20920. | 15523. | 26674. | 60315. | 165315. | 295271. | 255324. | 257959. | 330073. | 207163. | 321610. | 316361. | 450336. | 156298. | 210916. |
| 2441.  | 8699.  | 9325.  | 15398. | 34632. | 86314.  | 175771. | 156351. | 190133. | 212867. | 183215. | 186369. | 170232. | 231254. | 156298. | 131823. |
| 1070.  | 4772.  | 5763.  | 18685. | 22672. | 36177.  | 115658. | 188563. | 189144. | 146588. | 143819. | 137715. | 149142. | 170397. | 74747.  | 105458. |
| 12917. | 15686. | 11381. | 21675. | 42578. | 103175. | 213753. | 196845. | 194155. | 247052. | 227357. | 250691. | 188310. | 246468. | 74747.  | 105458. |
| 1815.  | 6849.  | 5879.  | 11753. | 24272. | 56737.  | 107062. | 93835.  | 104573. | 134155. | 135758. | 150884. | 155167. | 121712. | 81543.  | 105458. |
| 532.   | 5943.  | 6559.  | 9025.  | 18659. | 49977.  | 94475.  | 87351.  | 88851.  | 120941. | 114391. | 138548. | 129557. | 185611. | 74747.  | 105458. |
| 501.   | 9885.  | 9852.  | 6583.  | 16028. | 42797.  | 83443.  | 80377.  | 92141.  | 116344. | 113441. | 125345. | 156674. | 146055. | 20386.  | 105458. |
| 482.   | 8148.  | 6089.  | 8728.  | 19716. | 55431.  | 127201. | 113164. | 116639. | 170351. | 164704. | 198738. | 170232. | 203868. | 108723. | 105458. |
| 4551.  | 24354. | 16174. | 33390. | 75719. | 165921. | 272689. | 230563. | 264906. | 345811. | 314218. | 338102. | 335945. | 270810. | 108723. | 237281. |
| 2235.  | 15806. | 13162. | 22702. | 52694. | 121678. | 209385. | 203329. | 200736. | 245903. | 231155. | 244093. | 305815. | 240332. | 135904. | 131823. |
| 4202.  | 15408. | 17926. | 32779. | 69048. | 158881. | 206016. | 237951. | 244796. | 310582. | 272449. | 300169. | 251582. | 206824. | 156298. | 52729.  |
| 2779.  | 13707. | 13597. | 21656. | 49440. | 114825. | 208275. | 178983. | 189036. | 235561. | 186537. | 173648. | 203375. | 240382. | 61137.  | 131823. |
| 2023.  | 24570. | 16435. | 26655. | 54213. | 115571. | 229968. | 209446. | 192081. | 265725. | 207422. | 256463. | 227478. | 243425. | 176675. | 52729.  |
| 1928.  | 14671. | 10368. | 15875. | 38239. | 99067.  | 209163. | 187303. | 198177. | 248489. | 219288. | 214486. | 192829. | 206911. | 122314. | 158187. |
| 2272.  | 12103. | 8645.  | 14728. | 30863. | 84429.  | 139662. | 112063. | 116822. | 144497. | 142870. | 127819. | 81350.  | 91284.  | 61137.  | 26365.  |
| 3543.  | 21805. | 16069. | 27265. | 59122. | 122844. | 308099. | 275265. | 285382. | 303218. | 358835. | 389238. | 391685. | 444250. | 231837. | 421832. |
| 2070.  | 11483. | 6853.  | 19061. | 39704. | 108112. | 185618. | 168040. | 178895. | 243892. | 257735. | 253164. | 278699. | 206824. | 190266. | 105458. |
| 4451.  | 27559. | 21068. | 34707. | 74173. | 104382. | 357169. | 344509. | 368748. | 489221. | 503129. | 618480. | 616158. | 559877. | 319375. | 237281. |
| 4357.  | 33486. | 22212. | 35966. | 52233. | 171748. | 376567. | 393323. | 488603. | 510235. | 484143. | 500556. | 459476. | 447293. | 265813. | 263645. |
| 845.   | 4438.  | 2780.  | 5323.  | 11716. | 31702.  | 70842.  | 66431.  | 76419.  | 112323. | 120561. | 137715. | 208362. | 228211. | 47566.  | 26365.  |
| 3938.  | 22612. | 16247. | 25949. | 55379. | 139868. | 278316. | 242111. | 295437. | 343288. | 314693. | 346349. | 298283. | 334789. | 163885. | 105458. |
| 4989.  | 30189. | 13495. | 40259. | 87679. | 188718. | 348806. | 309398. | 295968. | 498701. | 469429. | 601987. | 515215. | 559877. | 305784. | 210916. |
| 3286.  | 13609. | 11425. | 23068. | 47948. | 116970. | 190871. | 177882. | 198368. | 251936. | 258584. | 305941. | 325408. | 371223. | 237032. | 347739. |
| 363.   | 7368.  | 5937.  | 9368.  | 22645. | 56837.  | 124817. | 120383. | 187681. | 126697. | 126732. | 187203. | 135883. | 124752. | 61137.  | 131823. |
| 1080.  | 10224. | 11323. | 18679. | 37670. | 92261.  | 216849. | 211159. | 316276. | 203823. | 249191. | 324883. | 317867. | 276896. | 115519. | 158187. |
| 1947.  | 12328. | 8297.  | 15835. | 32882. | 86187.  | 171483. | 150111. | 165269. | 197929. | 177044. | 201212. | 180770. | 173440. | 81543.  | 26365.  |
| 2986.  | 19718. | 15479. | 24939. | 53725. | 134032. | 265655. | 162935. | 244613. | 308241. | 288597. | 303167. | 257608. | 255596. | 203856. | 316374. |
| 363.   | 1289.  | 2360.  | 5629.  | 14618. | 36876.  | 75373.  | 65941.  | 69654.  | 92581.  | 85437.  | 84113.  | 75324.  | 100413. | 27181.  | 79094.  |
| 1252.  | 8256.  | 10136. | 13642. | 26666. | 78555.  | 170662. | 180771. | 199639. | 214878. | 188436. | 186369. | 212414. | 240382. | 149495. | 158187. |
| 1108.  | 7537.  | 8268.  | 12536. | 26876. | 75618.  | 158016. | 155127. | 154117. | 205973. | 188436. | 169876. | 156674. | 136926. | 149495. | 79094.  |
| 732.   | 8492.  | 7269.  | 10475. | 25683. | 65688.  | 127497. | 116101. | 134373. | 166842. | 163754. | 126995. | 114492. | 124755. | 27181.  | 52729.  |
| 1571.  | 13049. | 10686. | 17668. | 36728. | 91841.  | 154299. | 135797. | 134921. | 166904. | 126237. | 136866. | 106968. | 115627. | 181928. | 184552. |
| 2247.  | 11651. | 10064. | 17058. | 37046. | 94592.  | 192208. | 181063. | 195252. | 223496. | 193183. | 172358. | 176258. | 212997. | 169888. | 210916. |
| 695.   | 7813.  | 10512. | 13203. | 24869. | 71329.  | 147414. | 161244. | 194886. | 202525. | 199353. | 222653. | 235011. | 234296. | 115519. | 26365.  |
| 1972.  | 14268. | 13191. | 20835. | 43121. | 107692. | 207978. | 176904. | 188892. | 235561. | 187487. | 197914. | 174752. | 161265. | 149495. | 158187. |
| 1014.  | 5520.  | 5684.  | 8147.  | 18178. | 47925.  | 99214.  | 92611.  | 97877.  | 124662. | 99676.  | 94089.  | 93482.  | 66942.  | 81543.  | 105458. |
| 2329.  | 20808. | 16247. | 24136. | 51935. | 137889. | 298983. | 282116. | 295871. | 345298. | 294758. | 280378. | 266647. | 316452. | 190266. | 184552. |
| 1214.  | 9838.  | 11816. | 18489. | 38185. | 97283.  | 229154. | 213361. | 104648. | 224071. | 208371. | 196264. | 173245. | 206911. | 149495. | 158187. |
| 5834.  | 24147. | 21126. | 31616. | 67068. | 161818. | 351616. | 324935. | 356499. | 429469. | 369278. | 307581. | 364568. | 453379. | 176675. | 158187. |
| 1728.  | 8748.  | 7327.  | 14482. | 31088. | 79347.  | 148820. | 132739. | 148589. | 196205. | 184639. | 201212. | 183791. | 146055. | 54362.  | 105458. |
| 3731.  | 17417. | 19498. | 33791. | 71244. | 167366. | 301491. | 271962. | 281177. | 300633. | 377347. | 385931. | 384152. | 393565. | 203856. | 131823. |
| 2379.  | 12595. | 8876.  | 20282. | 26089. | 68671.  | 146821. | 149132. | 141583. | 191322. | 167077. | 188018. | 179271. | 152148. | 115519. | 79094.  |
| 3180.  | 28477. | 18274. | 26445. | 59366. | 136410. | 254327. | 229877. | 237380. | 304506. | 288043. | 306766. | 253809. | 316452. | 129189. | 79094.  |
| 3856.  | 21176. | 14842. | 24957. | 47433. | 102564. | 176659. | 150968. | 157591. | 182991. | 168501. | 216856. | 186884. | 282981. | 156298. | 131823. |
| 2635.  | 14622. | 11045. | 20530. | 45968. | 101165. | 182138. | 145218. | 145159. | 189162. | 177844. | 198492. | 201868. | 188654. | 115519. | 105458. |
| 2028.  | 9387.  | 6183.  | 10893. | 21368. | 48865.  | 96178.  | 91755.  | 76602.  | 106299. | 87810.  | 108606. | 111480. | 97378.  | 33976.  | 26365.  |
| 444.   | 9813.  | 6538.  | 10923. | 20896. | 55991.  | 136436. | 133351. | 135184. | 142773. | 129105. | 108852. | 125838. | 85199.  | 129189. | 158187. |
| -175.  | -915.  | 565.   | 4064.  | 11389. | 27972.  | 59898.  | 48569.  | 62342.  | 67221.  | 68350.  | 61023.  | 67792.  | 82156.  | 67952.  | 158187. |
| 2291.  | 13508. | 9933.  | 16161. | 34387. | 83838.  | 179251. | 159654. | 157591. | 199940. | 166602. | 198738. | 200362. | 191697. | 81543.  | 105458. |
| 188.   | 2844.  | 2693.  | 5571.  | 12719. | 41632.  | 91291.  | 86984.  | 72762.  | 94512.  | 80216.  | 63497.  | 64779.  | 51728.  | 61137.  | 26365.  |
| 977.   | 6485.  | 5897.  | 9128.  | 17872. | 49658.  | 117131. | 112308. | 96346.  | 100832. | 91133.  | 76692.  | 57246.  | 33471.  | 48771.  | 79094.  |
| 5991.  | 39724. | 27946. | 48330. | 97469. | 242844. | 489182. | 472599. | 498002. | 536988. | 359310. | 379334. | 260621. | 264724. | 74747.  | 105458. |
| 6078.  | 26932. | 21995. | 41117. | 85821. | 216278. | 387807. | 337414. | 341873. | 418848. | 359310. | 332330. | 242543. | 234296. | 176675. | 263645. |
| 1828.  | 17820. | 10049. | 17838. | 39324. | 91782.  | 186587. | 169319. | 173679. | 221485. | 197929. | 227601. | 138596. | 203868. | 181928. | 52729.  |
| 1296.  | 13097. | 11439. | 18584. | 42714. | 98322.  | 189839. | 167886. | 168926. | 200514. | 177844. | 183870. | 156674. | 246468. | 67952.  | 26365.  |
| 1953.  | 14622. | 12880. | 20782. | 42443. | 103496. | 162592. | 170853. | 174959. | 230183. | 183215. | 188596. | 183791. | 188654. | 181928. | 8.      |
| 1984.  | 12241. | 11106. | 22858. | 47406. | 114212. | 216493. | 173556. | 177084. | 216602. | 163280. | 198738. | 141609. | 161265. | 142699. | 158187. |
| 2260.  | 12841. | 8963.  | 15932. | 33330. | 77995.  | 141846. | 124175. | 132727. | 179544. | 159482. | 210283. | 331998. | 337752. | 203856. | 184552. |
| 3894.  | 21668. | 18129. | 29658. | 54810. | 126573. | 288241. | 296880. | 318250. | 371153. | 329882. | 338927. | 319335. | 386437. | 224242. | 316374. |
| 5966.  | 38780. | 22227. | 36214. | 71388. | 173528. | 387348. | 270494. | 298545. | 412887. | 378771. | 455201. | 510697. | 791130. | 183471. | 158187. |
| 2767.  | 16787. | 14219. | 18336. | 38456. | 93566.  | 171625. | 153292. | 146073. | 183278. | 187487. | 191316. | 137098. | 170397. | 67952.  | 26365.  |

## VOLUMEN DE PARTICULAS BIOGENICAS

Número de partículas multiplicado por el volumen equivalente del punto medio del intervalo de tamaño.



# NUMERO DE INTERVALO

## SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

| 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3756. | 20815. | 13028. | 21599. | 32015. | 83217. | 142527. | 120750. | 125415. | 157137. | 151800. | 151734. | 138596. | 194740. | 169880. | 131823. |
| 3430. | 17653. | 11989. | 16943. | 33846. | 79953. | 137937. | 110228. | 116091. | 139039. | 133951. | 152558. | 138596. | 136926. | 108723. | 131823. |
| 1477. | 8334.  | 6183.  | 9368.  | 19201. | 44856. | 79223.  | 62760.  | 69106.  | 85319.  | 77368.  | 94009.  | 105454. | 124755. | 74747.  | 105458. |
| 839.  | 5117.  | 3837.  | 5667.  | 11092. | 29697. | 51754.  | 40984.  | 39855.  | 51996.  | 46041.  | 54426.  | 58753.  | 63899.  | 54362.  | 79094.  |
| 1696. | 8266.  | 4938.  | 7804.  | 14835. | 37855. | 69079.  | 51072.  | 59782.  | 70668.  | 70249.  | 81639.  | 73818.  | 76070.  | 95133.  | 158187. |
| 2322. | 12497. | 9340.  | 13738. | 21615. | 51282. | 88848.  | 73649.  | 75687.  | 88192.  | 94930.  | 103880. | 73818.  | 79113.  | 81543.  | 52729.  |
| 1584. | 8130.  | 4330.  | 6621.  | 13100. | 28252. | 54123.  | 46000.  | 38941.  | 51134.  | 50313.  | 51952.  | 55740.  | 69935.  | 54362.  | 26365.  |
| 1271. | 8000.  | 3403.  | 4198.  | 7011.  | 19720. | 34132.  | 30218.  | 26692.  | 31312.  | 27539.  | 38758.  | 33143.  | 42599.  | 33976.  | 52729.  |
| 1164. | 7508.  | 4634.  | 5819.  | 12367. | 28811. | 54849.  | 41186.  | 37112.  | 48261.  | 45092.  | 55251.  | 70805.  | 69985.  | 61157.  | 105458. |
| 1459. | 9063.  | 6053.  | 7746.  | 15784. | 38580. | 64933.  | 54441.  | 49544.  | 61763.  | 65502.  | 61848.  | 78337.  | 82156.  | 47566.  | 26365.  |
| 2279. | 4408.  | 3855.  | 4617.  | 9058.  | 21772. | 40648.  | 33032.  | 35284.  | 39931.  | 43193.  | 48654.  | 46701.  | 48685.  | 33976.  | 26365.  |
| 1052. | 5560.  | 2824.  | 3682.  | 7512.  | 10601. | 32948.  | 27037.  | 22852.  | 31600.  | 27530.  | 40407.  | 28623.  | 42599.  | 67952.  | 52729.  |
| 1109. | 3237.  | 2368.  | 3453.  | 5994.  | 13800. | 24137.  | 20920.  | 21573.  | 24992.  | 23732.  | 31336.  | 45194.  | 42599.  | 27181.  | 131823. |
| 2373. | 15626. | 14132. | 14653. | 26570. | 62331. | 109653. | 89300.  | 87388.  | 108588. | 110119. | 134416. | 138596. | 167355. | 156290. | 131823. |
| 2060. | 11601. | 6559.  | 10437. | 20042. | 48252. | 84035.  | 60314.  | 66181.  | 82446.  | 73571.  | 91535.  | 82856.  | 118670. | 101928. | 79094.  |
| 2673. | 15262. | 10046. | 13967. | 30103. | 70823. | 124461. | 98728.  | 104025. | 129559. | 119612. | 135241. | 135583. | 130041. | 101928. | 210916. |
| 2429. | 11100. | 7197.  | 11314. | 21004. | 51981. | 91004.  | 74505.  | 76667.  | 97672.  | 97303.  | 111326. | 88882.  | 115627. | 101928. | 158187. |
| 2185. | 11286. | 8970.  | 12631. | 24780. | 59902. | 93216.  | 76585.  | 74773.  | 99108.  | 88760.  | 104729. | 100734. | 133884. | 74747.  | 158187. |
| 1559. | 4266.  | 3244.  | 6697.  | 11824. | 25455. | 47778.  | 37436.  | 35381.  | 41357.  | 48020.  | 47004.  | 31636.  | 33471.  | 33976.  | 26365.  |
| 800.  | 4051.  | 3388.  | 5152.  | 11336. | 26814. | 51088.  | 38292.  | 43694.  | 46538.  | 49838.  | 73393.  | 81350.  | 103456. | 95133.  | 158187. |
| 1177. | 6298.  | 3881.  | 4751.  | 10324. | 23357. | 40796.  | 33832.  | 33639.  | 44527.  | 38921.  | 46180.  | 42181.  | 54771.  | 40771.  | 26365.  |
| 1114. | 5094.  | 3721.  | 5247.  | 18143. | 23776. | 44646.  | 38170.  | 40952.  | 48261.  | 50313.  | 59374.  | 43688.  | 76070.  | 67952.  | 105458. |
| 2020. | 9151.  | 5473.  | 8262.  | 16245. | 40653. | 72263.  | 55420.  | 56389.  | 78425.  | 76893.  | 77516.  | 82856.  | 143012. | 88338.  | 237281. |
| 2498. | 13500. | 7356.  | 11982. | 23350. | 55291. | 100842. | 82824.  | 88485.  | 108381. | 107745. | 122047. | 102441. | 139969. | 101928. | 210916. |
| 1052. | 4526.  | 2968.  | 4369.  | 8244.  | 19720. | 35021.  | 26425.  | 30165.  | 32174.  | 39396.  | 47004.  | 52727.  | 54771.  | 40771.  | 26365.  |
| 1977. | 11552. | 8181.  | 12707. | 22510. | 54219. | 96622.  | 77931.  | 77698.  | 97097.  | 93506.  | 108028. | 109973. | 106498. | 115519. | 131823. |
| 3988. | 18283. | 22154. | 15684. | 32002. | 74639. | 130977. | 101290. | 117005. | 125537. | 138123. | 138548. | 153661. | 212997. | 95133.  | 104552. |
| 2077. | 14189. | 9224.  | 10399. | 18821. | 46014. | 84480.  | 70101.  | 76643.  | 97385.  | 89709.  | 112976. | 97921.  | 124755. | 129109. | 131823. |
| 1408. | 9092.  | 5025.  | 8090.  | 15214. | 36503. | 65451.  | 50404.  | 62342.  | 70894.  | 69299.  | 98132.  | 79843.  | 115627. | 80338.  | 105458. |
| 1991. | 11139. | 6328.  | 5514.  | 10604. | 25967. | 42721.  | 43308.  | 36747.  | 58272.  | 45041.  | 44531.  | 49714.  | 60856.  | 54362.  | 52729.  |
| 1953. | 9141.  | 7182.  | 10227. | 20747. | 44580. | 95800.  | 79032.  | 77881.  | 97959.  | 108626. | 104729. | 100934. | 109541. | 81543.  | 105458. |
| 2120. | 11641. | 5850.  | 9979.  | 19147. | 40819. | 86923.  | 70835.  | 71300.  | 83883.  | 77843.  | 91535.  | 90363.  | 103413. | 40771.  | 26365.  |
| 1421. | 8364.  | 4981.  | 7727.  | 13994. | 33846. | 63526.  | 53585.  | 54115.  | 67796.  | 63603.  | 81639.  | 106968. | 88241.  | 67952.  | 79094.  |
| 1891. | 9122.  | 5039.  | 8510.  | 17542. | 41911. | 78186.  | 61702.  | 57771.  | 82734.  | 84962.  | 89886.  | 76830.  | 82156.  | 81543.  | 104552. |
| 2047. | 10834. | 4127.  | 6106.  | 12177. | 29650. | 56493.  | 45510.  | 45705.  | 55156.  | 51262.  | 54426.  | 45194.  | 63899.  | 33976.  | 79094.  |
| 2560. | 11149. | 6646.  | 10418. | 20015. | 47972. | 88948.  | 67165.  | 67278.  | 81595.  | 88690.  | 100505. | 73818.  | 94327.  | 101928. | 79094.  |
| 1953. | 7596.  | 4749.  | 6373.  | 12394. | 28438. | 55086.  | 41840.  | 40952.  | 51789.  | 53161.  | 69270.  | 49714.  | 66942.  | 47566.  | 26365.  |
| 1628. | 7665.  | 4518.  | 7250.  | 14645. | 35245. | 62564.  | 51138.  | 54663.  | 78668.  | 63128.  | 73393.  | 70885.  | 103456. | 61157.  | 52729.  |
| 1127. | 8098.  | 4605.  | 7575.  | 15079. | 37249. | 67673.  | 53096.  | 53749.  | 69807.  | 62179.  | 69270.  | 88753.  | 91284.  | 67952.  | 105458. |
| 2435. | 13382. | 7501.  | 11276. | 21967. | 51142. | 92476.  | 73202.  | 70569.  | 92214.  | 99202.  | 101431. | 99428.  | 115627. | 61157.  | 52729.  |
| 1371. | 6612.  | 2997.  | 4369.  | 7919.  | 21305. | 39019.  | 30952.  | 32725.  | 43952.  | 42718.  | 43785.  | 43688.  | 57813.  | 27181.  | 52729.  |
| 2404. | 10519. | 6574.  | 10914. | 19554. | 44382. | 86479.  | 67899.  | 75670.  | 93937.  | 89234.  | 103905. | 88882.  | 97370.  | 88338.  | 79094.  |
| 1790. | 7754.  | 4105.  | 6392.  | 11051. | 28710. | 51236.  | 44776.  | 48220.  | 42229.  | 42710.  | 47804.  | 45194.  | 42599.  | 27181.  | 26365.  |
| 1947. | 9535.  | 6748.  | 9349.  | 17601. | 39668. | 72115.  | 57508.  | 62159.  | 70381.  | 72621.  | 80815.  | 76830.  | 82156.  | 101928. | 79094.  |
| 1227. | 6445.  | 3707.  | 4331.  | 7702.  | 17995. | 31615.  | 23856.  | 22487.  | 27578.  | 28479.  | 33818.  | 33143.  | 40685.  | 40771.  | 26365.  |
| 2041. | 8275.  | 5705.  | 8395.  | 17167. | 48559. | 71819.  | 55909.  | 55577.  | 63774.  | 54585.  | 86507.  | 61766.  | 76070.  | 40771.  | 105458. |
| 1014. | 6485.  | 4619.  | 7708.  | 16869. | 32214. | 58195.  | 44776.  | 47350.  | 53145.  | 53161.  | 69270.  | 58753.  | 88241.  | 47566.  | 105458. |
| 1408. | 7282.  | 3374.  | 6392.  | 12340. | 28819. | 55530.  | 42885.  | 44974.  | 52283.  | 41769.  | 68199.  | 57246.  | 60856.  | 61157.  | 79094.  |
| 2216. | 12854. | 7283.  | 11181. | 23567. | 55804. | 97955.  | 79765.  | 75637.  | 97672.  | 86861.  | 98132.  | 88882.  | 112584. | 74747.  | 158187. |
| 1977. | 11759. | 7298.  | 11582. | 21425. | 54872. | 96548.  | 79276.  | 83732.  | 91926.  | 84962.  | 108852. | 84363.  | 121712. | 108723. | 131823. |
| 1977. | 12192. | 7978.  | 10551. | 22021. | 51748. | 88478.  | 70345.  | 76053.  | 98490.  | 93981.  | 96489.  | 94908.  | 108413. | 81543.  | 158187. |
| 1740. | 9309.  | 6111.  | 9521.  | 19716. | 45128. | 79001.  | 65207.  | 64170.  | 83983.  | 75469.  | 78341.  | 66285.  | 79113.  | 47566.  | 52729.  |
| 1402. | 6947.  | 3359.  | 2251.  | 4258.  | 10070. | 19250.  | 14191.  | 16454.  | 15980.  | 12341.  | 21441.  | 15865.  | 38428.  | 6795.   | 0.      |
| 1759. | 9515.  | 6313.  | 10952. | 20082. | 51802. | 83739.  | 69244.  | 69837.  | 79574.  | 69299.  | 81639.  | 69298.  | 88241.  | 61157.  | 105458. |
| 1814. | 9180.  | 1053.  | 2595.  | 4583.  | 10350. | 18140.  | 13890.  | 14800.  | 16007.  | 11392.  | 10142.  | 13558.  | 24342.  | 13590.  | 26365.  |
| 826.  | 3678.  | 2027.  | 3263.  | 6346.  | 15571. | 25980.  | 17617.  | 19745.  | 23269.  | 24207.  | 40407.  | 27117.  | 42599.  | 27181.  | 26365.  |
| 2948. | 15114. | 10527. | 14577. | 29615. | 72774. | 124461. | 111574. | 96895.  | 124101. | 114865. | 123696. | 165713. | 149098. | 129109. | 131823. |
| 2590. | 15577. | 11512. | 14997. | 25439. | 52867. | 94105.  | 76585.  | 80624.  | 91352.  | 91607.  | 103880. | 102441. | 121712. | 81543.  | 105458. |
| 2272. | 12467. | 8167.  | 10551. | 17465. | 38695. | 68265.  | 56766.  | 56674.  | 74483.  | 78792.  | 94834.  | 103947. | 112584. | 122314. | 104552. |
| 2885. | 9751.  | 5966.  | 6239.  | 12312. | 31282. | 52058.  | 43186.  | 41866.  | 51996.  | 50313.  | 62673.  | 69298.  | 82156.  | 61157.  | 131823. |
| 2816. | 10785. | 5416.  | 8510.  | 15621. | 36737. | 70338.  | 62883.  | 61245.  | 74977.  | 85437.  | 86587.  | 79843.  | 124755. | 67952.  | 210916. |
| 2210. | 11336. | 6053.  | 7670.  | 14943. | 35058. | 58788.  | 47390.  | 49361.  | 64636.  | 70248.  | 83299.  | 88882.  | 85199.  | 67952.  | 79094.  |
| 1515. | 8630.  | 4996.  | 7193.  | 13506. | 34406. | 82407.  | 68633.  | 75322.  | 95661.  | 98253.  | 112976. | 98389.  | 100413. | 61157.  | 105458. |
| 2761. | 15390. | 9716.  | 13413. | 20829. | 71655. | 128163. | 113532. | 118972. | 141337. | 144294. | 164103. | 165713. | 194740. | 149495. | 131823. |
| 2279. | 9151.  | 5329.  | 8624.  | 16652. | 39674. | 75083.  | 63617.  | 66181.  | 80148.  | 80690.  | 102255. | 88882.  | 88241.  | 101928. | 105458. |
| 2060. | 9545.  | 3678.  | 8708.  | 17520. | 42098. | 72707.  | 63372.  | 67095.  | 85606.  | 84480.  | 93184.  | 76823.  | 106198. | 54362.  | 79094.  |

## VOLUMEN DE PARTICULAS TERRIGENAS

Número de partículas multiplicado por el volumen equivalente del punto medio del intervalo de tamaño.



## A P E N D I C E   I I I

FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACION  
DEL INSTRUMENTO  
PARTICLE DATA

### Método de electroresistencia

El analizador de partículas (PARTICLE-DATA) puede describirse en términos de sus dos funciones principales: contar y medir.

El conteo se realiza en una alícuota de volumen conocido, la cual es extraída de la muestra original, de peso conocido.

El sistema volumétrico del analizador, comienza con un vaso "hidrodinámico" en el cual se diluyen las partículas en cuestión, un agitador mecánico se encarga de mantener la suspensión bien homogénea. Al abrir la válvula de vacío, el Hg desaloja el bulbo de 1 ml de capacidad, al regresar la válvula a la posición de "conteo" la columna actúa como sifón succionando la suspensión homogénea a través del orificio (de diámetro D), cuando el Hg comienza a llenar el bulbo, hace contacto con un interruptor que inicia el conteo de las señales pulso-voltaicas de las partículas según es recogida por los electrodos del sistema. El conteo termina cuando el Hg llena el bulbo y hace contacto con el segundo interruptor. La señal eléctrica de las partículas se traduce a la forma digital. Ver Figura 1.

Las variaciones en el conteo de partículas pueden adjudicarse al hecho de que dos o más partículas atraviesen la zona eléctricamente sensible del orificio y que sean contadas como una sola, esta coincidencia puede evaluarse en términos de porcentaje mediante la relación:

$$\% \text{ coincidencia} = 0.13 (D) N/ml$$

donde  $D$  es el diámetro del orificio en uso (en mm) y  $N$  es el número de partículas por ml registradas durante un conteo (o un promedio de conteos).

Obviamente esta probabilidad de coincidencia puede reducirse simplemente diluyendo la suspensión con más electrolito.

Es importante notar que el pulso voltáico momentaneo producido por las partículas en la zona electrosensible se debe a la diferencia entre la alta resistividad de las partículas minerales en relación a la baja resistividad de la solución electrolítica.

En el contador electrónico EZ, la función de medir las partículas que cuenta, consiste esencialmente en recojer los pulsos-voltáicos que registran los electrodos, amplificar la señal, convertirla y colocarla dentro de una escala logarítmica que abarque el rango de tamaños que se desea analizar.

El primer discriminante de tamaños de este sistema es por supuesto el diámetro del orificio que se emplea. En primer lugar, porque no se pueden analizar partículas mayores que el 40% de su diámetro, debido a la probabilidad de que la coincidencia de partículas mayores bloquee el área del orificio. Tampoco se pueden medir partículas menores que el 2% del diámetro del orificio, por consideraciones de la interferencia del ruido eléctrico con la señal de la partícula.

De esta manera las partículas que atraviesan el orificio producen un pulso-voltáico que recogen los electrodos, estos pulsos se pueden observar

en el monitor (Figura 1') el cual tiene una escala de 1 a 100% que representa el volumen relativo de las partículas que en ese momento atraviesan el orificio.

Dos filtros eléctricos actúan como percentiles inferior y superior, o "intervalos de clase" en la escala 1 a 100, y tienen una precisión de décimas con lo cual se puede dar una muy alta resolución a la distribución que se analiza.

Cuando no se tiene un microprocesador de 240 canales (intervalos de clase) es preciso mover los percentiles de un intervalo a otro tantas veces como lo permita el máximo número de alícuotas que se puedan sustraer del vaso que contiene la suspensión de partículas, este volumen permite por lo general, un máximo de 40 alícuotas de 1 ml cada una; las cuales se analizan aproximadamente en 1 minuto cada una, es decir, una distribución de tamaños con 20 intervalos de clase se analiza en 20 minutos, puesto que es conveniente tener un duplicado de lecturas para mayor precisión el tiempo simplemente se duplica.

Otra función del discriminador de los filtros eléctricos o percentiles es un divisor de la señal digitalizada, conocida como posición  $\Sigma$  y  $\Delta$ , en la primera aparecen en el primer digitalizador el número acumulativo de partículas cuyo diámetro excede el límite o percentil inferior y en el segundo digitalizador aparecen los que exceden el percentil superior, y en el modo  $\Delta$  el primer digitalizador registra el número de partículas en determinado intervalo de clase mientras que el segundo digitalizador muestra el

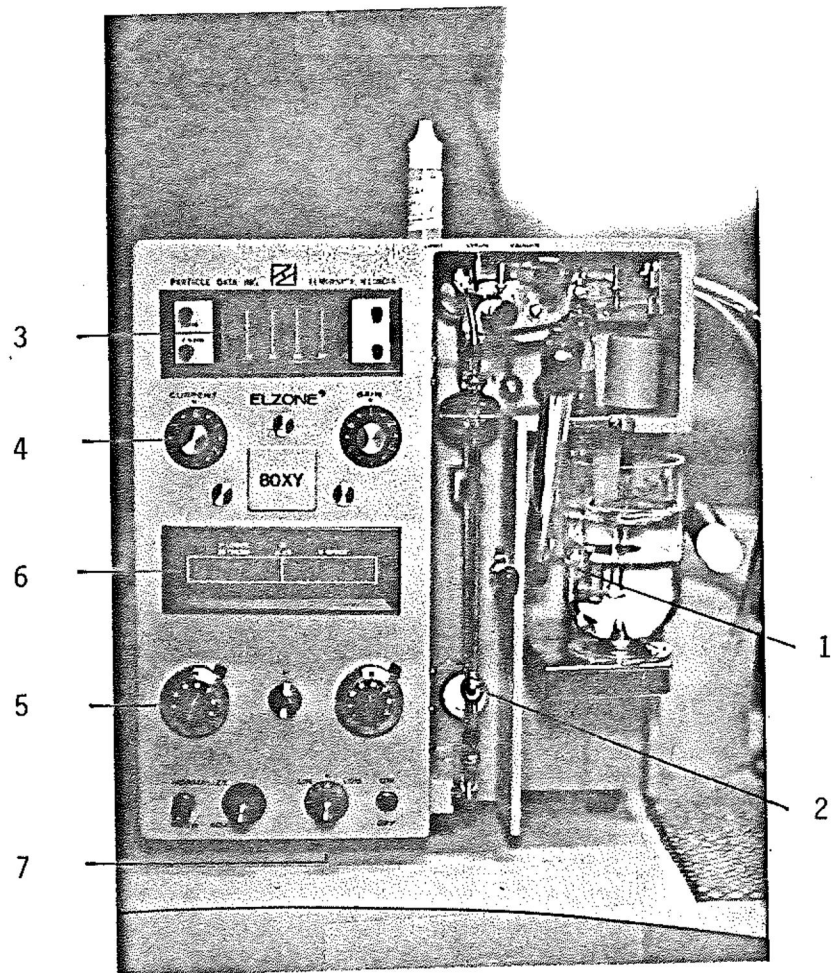


Figura 1 Contador de partículas PARTICLE-DATA (Elzone), modelo L-112.

- (1) Orificio a través del cual fluyen la muestra con partículas.
- (2) Sistema volumétrico que mide exactamente 1 ml de muestra mientras se realiza el conteo de partículas.
- (3) Monitor que registra el volumen que desplazan las partículas al atravesar el orificio, está en escala 0-100%.
- (4) Controles de la corriente y la intensidad.
- (5) Filtros eléctricos (percentiles).
- (6) Digitalizador que registra el número de partículas por ml.
- (7) Expansión logarítmica ( $L = 4, 6, 8, 10, 12, \text{ y } 14$ ).

número acumulativo de partículas mayores que el límite o percentil superior.

Finalmente, 2 controles más dan la capacidad y flexibilidad necesaria al instrumento para manipular la escala cuando las partículas son demasiado pequeñas o demasiado grandes (dentro del rango que permite al diámetro del orificio). Estos son los controles de la corriente e intensidad que fluye en los electrodos dándoles la capacidad de amplificar o disminuir la amplitud de los pulsos-voltáicos producidos por las partículas. Cada uno de estos controles tiene 5 posiciones que definen su valor eléctrico y por lo tanto se pueden generar 36 productos corriente x intensidad que van de una menor a mayor sensibilidad. Ver Tabla 1.

Para amplificar o disminuir la señal en cuestión, el objetivo de estos controles es mover la escala hasta el lugar necesario para recibir la señal amplificada de un pulso débil proveniente de una partícula muy pequeña, o bien, la señal disminuida (o desdoblada) de un pulso fuerte correspondiente a una partícula grande.

#### Calibración del orificio de 120 $\mu\text{m}$

La calibración del contador de partículas ELZONE sin ayuda de un microprocesador se hace por medio gráficos; en una hoja de papel semilogarítmico se traza una escala horizontal que va del 1 al 100% y que representa la totalidad de los intervalos de clase. En la escala vertical van los valores del volumen de las partículas cuyos incrementos logarítmicos son de la for-

ma  $2^L$  donde L va de 0 a 14; a cada valor volumétrico de L corresponde un % de diámetro del orificio de tal manera que se puede construir una escala vertical con los valores de diámetro y volumen equivalentes. (Tabla 2) Posteriormente se traza una diagonal entre  $L=0$  y  $L=n$ , donde n puede escogerse entre 4, 6, 8, 10, 12 y 14 (máxima amplificación del instrumento) a mayor  $L=n$ , mayor resolución entre los volúmenes o diámetros equivalentes y los percentiles. La línea diagonal L de pendiente n tiene el valor del producto  $CxI$  (corriente por intensidad), el cual relaciona el 100% de la escala distributiva con el volumen de las partículas dentro del 2-40% del diámetro del orificio, por lo tanto, a este valor de  $CxI$  en  $L=n$  puede considerarse como la línea de calibración teórica porque a estos valores eléctricos corresponden los valores volumétricos reales.

Por lo tanto, para calibrar el orificio de diámetro 120  $\mu\text{m}$ , se utilizaron esferas de latex de diámetro estandar (5.12  $\mu$ ) diluidas en una solución electrolítica ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$  al 8%), la concentración de partículas fué tal que no excedió el 1% de coincidencia. Se seleccionó el valor de  $L=14$  que es el máximo y los selectores de corriente e intensidad se fijaron de tal forma que el producto fué 4.25 (Tabla 1) sin que aparezcan interferencias de ruido en el monitor. Enseguida, se procedió a mover el percentil inferior y superior sobre la escala relativa hasta posicionar éste último en el modo de la distribución, ésto se logró teniendo el selector en " $\Delta$ " que registró el número acumulativo de partículas mayores y menores que el percentil superior, de tal forma que cuando ambos digitalizadores contaron el mismo número de partículas se consideró que el límite superior estaba en la moda de las partículas de diámetro estandar (5.12  $\mu\text{m}$ ), se graficó la

posición del percentil superior contra el volumen equivalente del diámetro de las partículas estandar, este punto en la gráfica cayó muy cerca de la línea de calibración teórica, Figura 2. Puesto que el producto del CxI sirve para amplificar o reducir la señal pulso-voltáica de las partículas, esto equivale a doblar o desdoblar el diámetro real de una partícula, por lo tanto podemos leer en un percentil más bajo o más alto el nuevo volumen equivalente de la misma partícula, estos puntos localizados en la gráfica muy cerca de la línea teórica de calibración dieron por resultado una ligera variación en la pendiente que modificó el rango teórico de 2-40% del diámetro del orificio. De esta manera, se leen gráficamente los nuevos valores de los diámetros inicial y final que abarca la línea de calibración real se convierten a volumen y se relacionan de la siguiente manera:

$$R = v_f/v_z$$

y

$$L = \text{Log } R / \text{Log } 2$$

donde L es el nuevo valor logarítmico de la línea de calibración.

Las variables eléctricas y volumétricas se relacionan matemáticamente en la forma

$$V_p = K \frac{2^{L(P-1)}}{C.I.}$$

donde,

$V_p$  = volumen de la partícula en el percentil superior p.

L = Log R/Log 2

P = Percentil superior



CxI = Corriente por intensidad

K = Constante para el orificio de diámetro D.

El diámetro equivalente de la partícula se calcula con la relación:

$$V = \pi/6 D^3$$

donde D está en mm.

### Intervalos de clase

Puesto que el diámetro y el volumen de las partículas son una relación cúbica (de la tercera potencia) y como el contador de partículas ELZONE responde directamente al volumen de las partículas, los intervalos de clase están basados en una serie de números que permiten contar del 1 al 10 logarítmicamente, sólo que en vez de empezar en 1 se empieza en 0.95; 0.95, 12, 15, 19, 24, 30, 38, 48, 60, 76, y 95% de la expansión logarítmica, la cual se puede escoger entre 1 y 14, obviamente que a mayor expansión logarítmica mayor rango de volúmenes se puede cubrir con esta serie de números. Cada expansión logarítmica cubre un porcentaje del diámetro del orificio, por lo tanto el diámetro de orificio determina que rango de volúmenes se puede cubrir y esta serie de números abarca ese rango en 10 intervalos de clase. En este trabajo se añadieron a dicha serie de números, cuatro más; 4.3, 34, 43, y 54% dando un total de 16 intervalos de clase, con los cuales se dió mayor resolución a la curva aunque se perdió la regla de contar del 1 al 10 logarítmicamente. Esta representación se ve en la Figura 11 del capítulo de métodos, donde el orificio de diámetro 120 y la expansión logarítmica

de 14, la constante del orificio y el producto de IG permitieron calcular el diámetro, las unidades  $\phi$  y el volumen equivalente a cada límite superior, inferior y punto medio.

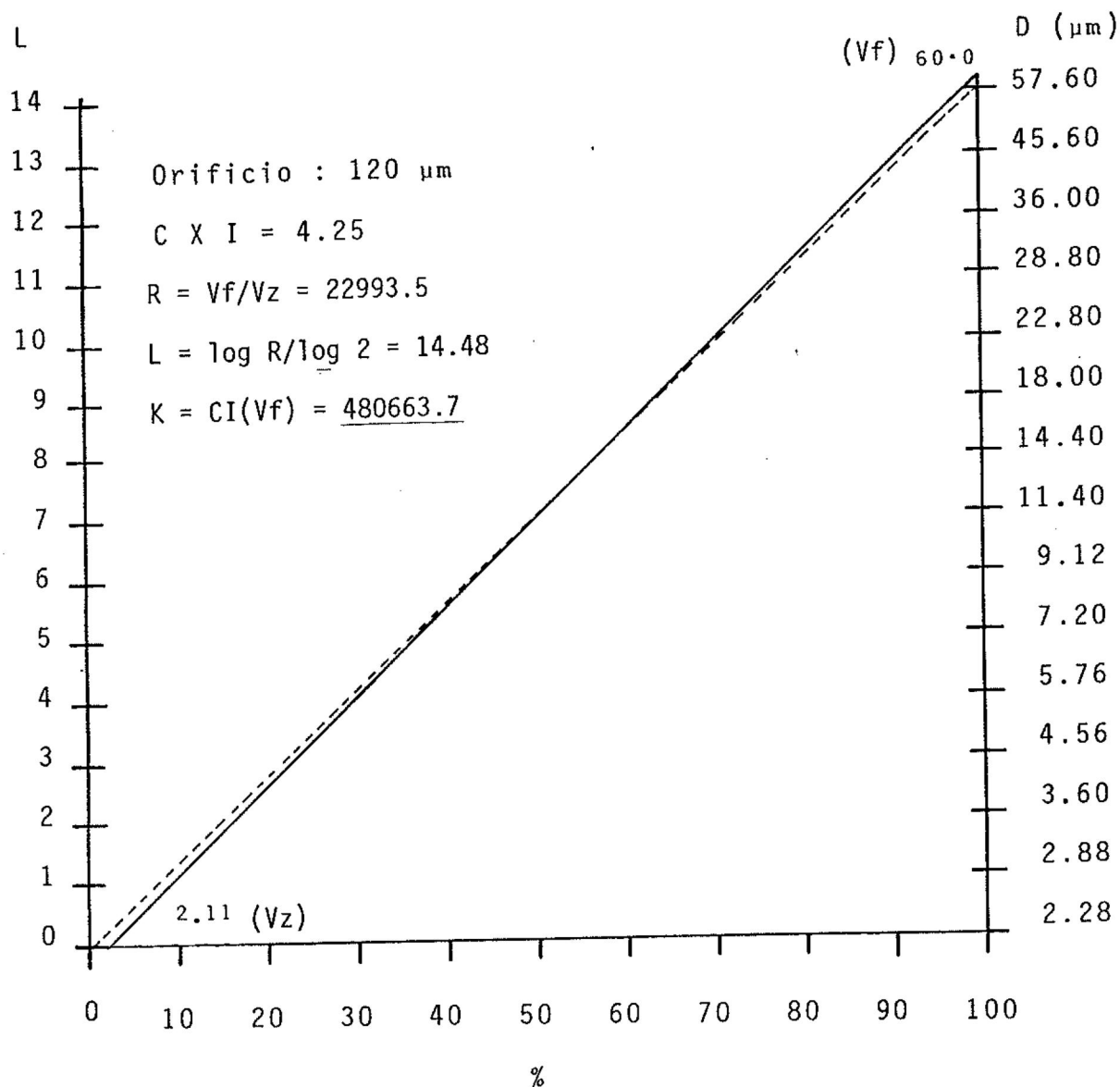


Figura 2 Calibración gráfica del orificio de 120  $\mu\text{m}$   
 La línea punteada representa la línea de calibración teórica para  $L=14$  y  $C \times I = 4.25$ .  
 La línea continua representa la línea de calibración real con partículas esféricas de diametro estandar (5.12 $\mu\text{m}$ ), con esta línea continua se calculó graficamente los nuevos valores de  $V_z$  y  $V_f$  (convertidos a volumen) se obtuvo la razón  $R$  y se calculo el valor real de  $L$  (por el cambio de pendiente), y finalmente la constante para el orificio de 120  $\mu\text{m}$ .

para detectar tamaños grandes

|            |     |           |       |       |       |       |      |
|------------|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|------|
| intensidad | 1.0 | 0.13      | 0.27  | 0.53  | 1.06  | 2.125 | 4.25 |
|            | 2.0 | 0.27      | 0.53  | 1.06  | 2.125 | 4.25  | 8.5  |
|            | 3.0 | 0.53      | 1.06  | 2.125 | 4.25  | 8.5   | 17.0 |
|            | 4.0 | 1.06      | 2.125 | 4.25  | 8.5   | 17.0  | 34   |
|            | 5.0 | 2.125     | 4.25  | 8.5   | 17.0  | 34    | 68   |
|            | 6.0 | 4.25      | 8.5   | 17.0  | 34    | 68    | 136  |
|            |     | 1.0       | 2.0   | 3.0   | 4.0   | 5.0   | 6.0  |
|            |     | corriente |       |       |       |       |      |

para detectar tamaños chicos

Tabla 1 Productos de corriente por intensidad

|                |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |       |                |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|----------------|
| L              | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7     | 8     | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14    | L              |
| 2 <sup>L</sup> | 1    | 2    | 4    | 8    | 16   | 32   | 64   | 128   | 256   | 512  | 1024 | 2048 | 4096 | 8192 | 16384 | 2 <sup>L</sup> |
| %D<br>orif     | 1.9  | 2.4  | 3.0  | 3.8  | 4.8  | 6.0  | 7.6  | 9.5   | 12    | 15   | 19   | 24   | 30   | 38   | 48    | %D<br>orif.    |
| OD<br>120µm    | 2.28 | 2.88 | 3.60 | 4.56 | 5.76 | 7.20 | 9.12 | 11.40 | 14.40 | 18.0 | 22.8 | 28.8 | 36.0 | 45.6 | 57.6  | OD<br>120µm    |

Tabla 2 Relación entre la expansión logarítmica L del instrumento, con el volumen (2L) del orificio, su equivalencia al diametro del orificio en % y su valor para el caso específico del orificio de diametro 120 µm.