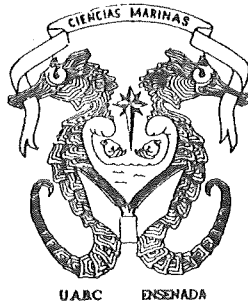


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE  
BAJA CALIFORNIA



Escuela Superior de Ciencias Marinas

Paleoecología de Radiolarios de la Zona  
de Surgencias del Perú

T E S I S

Que Presenta:

ATANACIO CORDERO RUELAS

Para Obtener el Título de  
OCEANOLOGO

Ensenada, B. C., Mayo de 1980.

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MARIA ANTONIETA

A MIS MAESTROS

AL PROFESOR IGNACIO RUELAS ESCALANTE.

## A G R A D E C I M I E N T O S

Todos los humanos necesitamos unos de otros para vivir, luchar y proyectarnos, lo difícil es encontrar a los que estén dispuestos a apoyarnos; que crean en nosotros y nos ayuden a terminar la empresa que iniciamos.

Quiero agradecer:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haberme distinguido otorgándome una beca para llevar a cabo esta investigación.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, por haberme brindado la oportunidad y las facilidades para su realización.

A la Universidad del Estado de Oregon (U.S.A.), que me proporcionó las muestras de sedimento empleadas.

Al Honorable Cuerpo de Sinodales, por las atenciones de que fui objeto y las sugerencias proporcionadas para la mejor estructuración de este trabajo.

A Luis Fonk Pun y Teresa Gutiérrez Win, quienes amablemente colaboraron en el proceso de computación.

A María Elena Corona Zamora, Maricela González León y Guadalupe -- Barbosa Echeagaray, por su valiosa colaboración en el proceso mecanográfico.

A Sergio Ramos y Nicté Olivares, por la elaboración de mapas y esquemas.

De manera muy especial, hago patente mi agradecimiento en todo lo que vale al Dr. Adolfo Molina Cruz, por su atenta y paciente asesoría, por sus orientaciones, sugerencias y todo el cúmulo de enseñanzas que me ha proporcionado. A él debo la realización de este trabajo, primero en su género en el idioma Español.

## I N D I C E . -

|  |    |
|--|----|
| I.- INTRODUCCION.  | 1  |
| II.- CONDICIONES GENERALES OCEANOGRAFICAS.                   | 3  |
| a).- Corrientes.   | 3  |
| b).- Masas de agua.  | 7  |
| c).- Meteorología.   | 9  |
| d).- Fenómeno de "EL Niño".                                  | 10 |
| e).- Fisiografía y sedimentos del fondo oceánico.            | 11 |
| III.- GENERALIDADES BIOLÓGICAS DE LOS RADIOLARIOS.           | 14 |
| a).- Antecedentes.   | 14 |
| b).- Clasificación.  | 14 |
| c).- Biología.   | 14 |
| c <sub>1</sub> ).- Características morfológicas.             | 15 |
| c <sub>2</sub> ).- Organización del nivel celular.           | 16 |
| c <sub>3</sub> ).- Nutrición.                                | 19 |
| c <sub>4</sub> ).- Reproducción.                             | 19 |
| c <sub>5</sub> ).- Ecología.                                 | 19 |
| c <sub>6</sub> ).- Distribución.                             | 20 |
| c <sub>6.1</sub> ).- Global.                                 | 21 |
| c <sub>6.2</sub> ).- Vertical.                               | 22 |
| c <sub>6.3</sub> ).- Variaciones estacionales de abundancia. | 23 |
| c <sub>7</sub> ).- Adaptaciones a la vida planctónica.       | 24 |
| IV.- METODOS.-   | 25 |
| a).- De laboratorio.   | 25 |
| b).- De análisis de interpretación.                          | 25 |
| V.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.                                | 30 |

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

51

VII. \_ BIBLIOGRAFIA.

53

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS.

- Fig. 1.- Circulación generalizada del Pacífico Sudoriental. 4
- Fig. 2.- Distribución de masas de agua superficiales en el Océano Pacífico Oriental. 8
- Fig. 3.- Batimetría, rasgos fisiográficos y corrientes del fondo del Pacífico Sudoriental. 12
- Fig. 4.- Esquema de la anatomía de los radiolarios. 17
- Fig. 5.- Perfiles de abundancia de radiolarios de dos estaciones del Pacífico Ecuatorial. 17
- Fig. 6.- Localización geográfica y profundidad de los núcleos analizados. 26
- Tabla 1.- Abundancia de especies de radiolarios de tres núcleos de la zona de surgencias del Perú. 27
- Tabla 2.- Porcentaje de especies de radiolarios contra profundidad en el núcleo Y71-6-12P. 29
- Figs. 7-13.- Distribución Geográfica de especies de radiolarios en el Pacífico Sudoriental Subtropical. 35
- Figs. 14-20.- Distribución "vertical" de especies de radiolarios en el Pacífico Sudoriental Subtropical. 42

## I. INTRODUCCION.-

En diferentes épocas del devenir histórico hombres de ciencia de diversas nacionalidades se han echado auestas la tarea de desenmarañar un sinfín de aspectos, escasamente conocidos, respecto a organismos que en el pasado habitaron el planeta, así como sus interrelaciones con las condiciones ambientales.

En la actualidad, tales trabajos encabezados por paleontólogos y micropaleontólogos, tienen la finalidad de conocer a partir de experiencias presentes, los rasgos característicos del pasado, y con ello llegar a predecir las condiciones que a cada ecosistema le depara el futuro.

Los estudios paleoecológicos ayudan a interpretar el origen y dispersión de sedimentos; lo cual sirve como base para la exploración y explotación de recursos minerales tales como hidrocarburos, fosforitas, diatomitas, etc.

Puesto que la distribución geográfica de fósiles en los sedimentos marinos refleja la circulación oceánica, esto permite inferir las características de las masas de agua arriba de ellos, con lo cual es posible delinear regiones con posible potencial pesquero. (Moore, 1978).

Hasta recientemente la distribución y composición de los sedimentos marinos eran pobremente comprendidos, debido a la falta de datos y muestras de sedimentos de las profundidades marinas; y por que la composición y distribución de material suspendido en el agua, no habían sido estudiados.

La distribución de dichos sedimentos en el fondo oceánico, es influenciada por la batimetría y por el suministro biógeno y terrígeno. (Molina-Cruz, 1978).

A través del tiempo, los restos de muchos organismos marinos, junto con componentes derivados del continente, se depositan en el fondo del mar.

Estos restos provienen de gran cantidad de organismos ecológicamente importantes, tales como: Diatomeas, radiolarios, foraminíferos, silicoflagelados, molúscos y restos de peces. (Fok Pun, 1978); mediante el estudio e interpretación de su ocurrencia en los sedimentos marinos, es posible detectar algunos aspectos paleoclimatológicos de su habitat. En especial, dos grupos microfósiles del zoopláncton: los foraminíferos y los radiolarios son comunmente usados en estudios cuantitativos destinados a aprender más acerca de las condiciones oceanográficas del pasado (Moore, 1978).

En recientes años, los radiolarios policistinos, han sido usados cada vez más para estudios paleo-oceanográficos y bioestratigráficos, en vista de que viven a todas las profundidades, en todos los océanos, y "caracterizan" masas de agua.

En este trabajo, a partir del comportamiento de los radiolarios, se tiene la finalidad de estimar las condiciones paleoecológicas y paleo-oceanográficas de la zona de surgencias del Perú en el último estadio glacial (desde hace aprox. 33,000 a 11,000 años), y el actual estadio "interglacial" (desde hace aprox. 11,000 años hasta el presente).

El objetivo se pretende alcanzar en base al análisis de variaciones en abundancia de especies de radiolarios. Estas variaciones son consideradas como indicadores de cambios ambientales que han ocurrido en esta región en diferentes épocas.

En este trabajo también se expone una reseña de los diferentes aspectos ecológicos de éstos organismos, y una descripción oceanográfica del Pacífico sudoriental, en especial de la zona de surgencias del Perú, que por su enorme riqueza pesquera es de privilegio desde el punto de vista económico en el ámbito mundial.

## II. CONDICIONES GENERALES OCEANOGRÁFICAS .-

El área de estudio de referencia en este trabajo, comprende parte del Pacífico Sudoriental, frente a las costas del Perú, cuya zona de surgencias o de afloramiento de aguas, es caracterizado por su enorme potencial pesquero.

Dicho afloramiento y áreas en que ocurre, pueden ser revelados indirectamente por índices comunes observables tales como temperatura y el contenido de fosfato y oxígeno, así como por las tasas computadas de acuerdo a las proporciones de tiempo de los cambios de estos parámetros (Sund, 1964).

### a) Corrientes (Fig. 1).

La "corriente del Perú" es más bien un sistema complejo de corrientes que es grandemente alimentado por aguas provenientes de las surgencias; y por eso es caracterizada por aguas de relativamente bajas temperaturas, (de 16° a 20°C), y por un alto contenido de nutrientes.

Este sistema, fluyendo hacia el NW, es compuesto de una rama costera y otra oceánica, entre las cuales se desplaza hacia el sur la contracorriente del Perú, como una corriente subsuperficial (Molina-Cruz, 1978; Sund, 1964), y que ha sido detectado a 40° C. (Silva Sandoval y Neshiva, 1977).

Wyrтки (1963) (citado por Sund, 1964), hace notar que en general, las superficies isobáricas indican que el agua de la corriente costera se superpone a la contracorriente del Perú.

En la corriente costera del Perú, se presenta el fenómeno de surgencias (Sverdrup et al, 1965), y la región en que tiene lugar, ocupa el .02% del área total del mundo oceánico. Estas surgencias son caracterizadas por emergencia de aguas de niveles inferiores, causada por los vientos del sur y sureste que prevalecen a lo largo de la costa de Chile y Perú, y

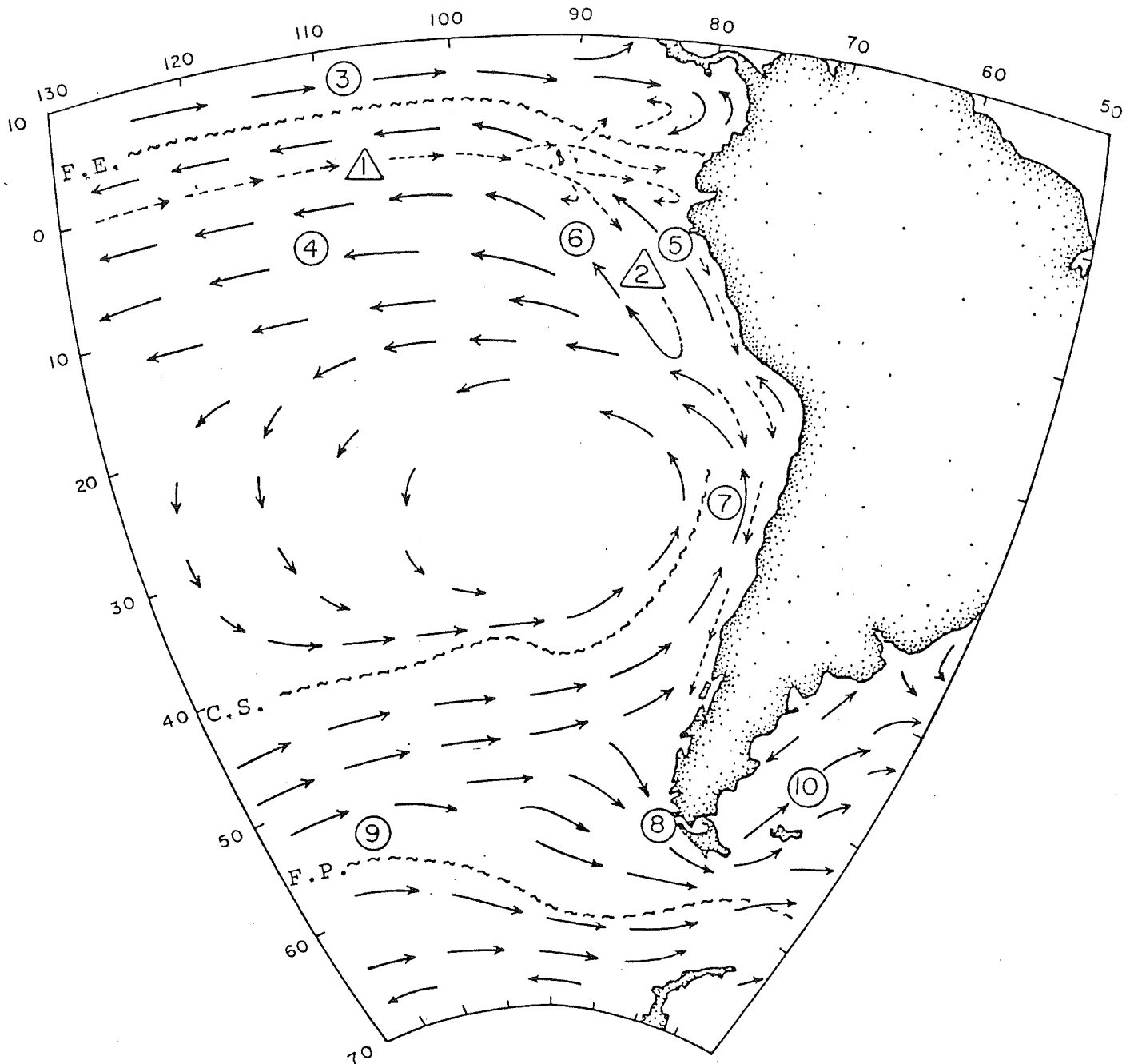


Figura 1. Circulación Generalizada en el Pacífico Sudoriental; —> corrientes superficiales; ----> corrientes subsuperficiales. 1. Contracorriente subsuperficial ecuatorial; 2. Contracorriente del Perú; 3. Contracorriente norecuatorial; 4. Corriente sudecuatorial; 5. Corriente costera del Perú; 6. Corriente oceánica del Perú; 7. Corriente de Chile; 8. Corriente de Cabo de Hornos; 9. Corriente circumpolar; 10. Corriente de Falkland. ~~~~ mayores frentes oceánicos: F.E. Frente Ecuatorial; C.S. Convergencia Subtropical; F.P. Frente Polar.

(Según Molina-Cruz, 1978)

transportan las cálidas aguas superficiales fuera de la costa, siendo ocupado su lugar por aguas frías, con una temperatura superficial aproximada a 16° C., y un característico color café, indicador del intenso desarrollo inicial de fitopláncton. (Sorokin, 1978).

Se ha mostrado que las surgencias son procesos intermitentes grandemente influenciados por vientos locales.

Los procesos de surgencia, naturalmente influyen en la corriente paralela a la costa, ya que altera la distribución de densidad, y obviamente altera las condiciones físicas, biológicas y químicas que debieran prevalecer en esa zona circundada por la masa de agua subtropical.

De acuerdo con Scott (1914), y Gunter (1936), (citados por Sverdrup, et al., 1965), existen cuatro regiones de surgencias entre 3° y 33° S., siendo las dos regiones del norte donde las más intensas surgencias ocurren (a los 5° y 15° S.).

La extensa corriente sud ecuatorial, situada entre 4° N. y 15° S. fluye rumbo al W, y acarrea agua subtropical. Está poco profunda en el Ecuador (20 a 50 metros), aumentando a 200 metros más al sur, y limita con la contracorriente norecuatorial que acarrea agua tropical hacia el este.

La corriente sud ecuatorial transporta  $50 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{seg}$ , en cuyo caudal participan, el sistema de corriente de Perú-Chile y la contracorriente norecuatorial; con un aporte aproximado de  $20 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{seg}$ . La otra parte de su caudal, se asume es aportada por la contracorriente subsuperficial ecuatorial del Pacífico, que fluye hacia el este, (Molina Cruz, 1978), con un caudal de  $35 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{seg}$ ., e influye en la mayor parte del Océano Pacífico Oriental Tropical, creando una compleja oceanografía regional muy poco estudiada. Esta contracorriente subsuperficial ecuatorial sufre poca variación estacional; sin embargo se ha observado intensa durante la época de marzo a mayo, ascendiendo de W a E a lo largo del Ecuador y contribuyendo

a la surgencia ecuatorial. (Molina Cruz, 1978). Dicha contracorriente se bifurca al perder fuerza cerca de las Galápagos. La rama que corre hacia el sur, aporta sus aguas a la corriente sud ecuatorial, y otro tanto avanza más al sur, todavía subsuperficialmente en la contracorriente del Perú, alimentando la surgencia del Perú (Molina Cruz, 1978).

Otra subcorriente llamada "Chile-Perú", se hace presente en las capas subsuperficiales cerca de la costa, moviéndose hacia el sur (Silva Sandoval y Neshiva, 1977). Esta subcorriente es esencialmente una rama de la corriente de Cromwell (Sorokin, 1978).

En la masa de agua subantártica superficial, se manifiesta el efecto de la corriente circumpolar, la cual divide su flujo en dos ramas aproximadamente a  $47^{\circ}$  S. (Silva y Neshiva, 1977; Molina Cruz, 1978). Una de estas corrientes, llamada de Cabo de Hornos, gira hacia el sur y bordea al Cabo de Hornos, dirigiéndose al Atlántico; la otra corriente gira hacia el norte entre  $33^{\circ}$  y  $44^{\circ}$  S., formando parte del sistema de corrientes Perú-Chile (Molina Cruz, 1978).

Las aguas frías que acarrea esta última corriente, de origen subantártico, disminuyen su salinidad hasta 33/00 por aporte pluvial, en las costas de Chile, pero en su recorrido, al alcanzar los  $23^{\circ}$  S. de latitud, se mezcla con el agua subtropical aumentando nuevamente su salinidad hasta 35/00.

La trayectoria real de la corriente de Chile no es exactamente conocida; sin embargo la batimetría, el campo de viento, la disminución de temperatura superficial (Bjerknes, 1966), y estudios micropaleontológicos (Molina Cruz, 1977a), sugieren que la corriente de Chile, con dirección norte, gira hacia el oeste antes de los  $20^{\circ}$  S. mezclándose con las aguas subtropicales que acarrearán la corriente sud ecuatorial. La corriente de Chile también alimenta al sistema de corrientes del Perú (White,

1969).

Acerca de las corrientes de fondo existen relativamente pocos estudios, sin embargo se sabe que están presentes en el Pacífico Sudoriental, en donde es muy marcada la influencia de la corriente circumpolar superficial que fluye alrededor de la antártica en sentido de las manecillas del reloj, y se extiende al piso oceánico con poca atenuación. (Molina Cruz, 1978).

Dos ramas de la corriente circumpolar introducen agua de fondo a la circulación abisal del Océano Pacífico: Una en el Pacífico Occidental como una corriente de frontera occidental y otra en el Pacífico Oriental como un flujo hacia el norte en la cuenca del Pacífico Sudoriental (fig. 2) (Molina Cruz, 1978).

El flujo de las aguas de fondo, es restringido por las cordilleras, sin embargo, ha sido demostrado por Lonsdale, (1976), que las aguas de fondo fluyen hacia afuera de las cuencas por las zonas de fractura de las cordilleras, y por la trinchera de Perú-Chile.

b).- Masas de agua.-

En el Pacífico Sudoriental Subtropical se manifiesta la presencia del agua Antártica Intermedia debajo de toda la región, a una profundidad intermedia de 600 a 900 metros. Esta agua tiene un mínimo de salinidad característica (34.3 a 34.6 o/oo), con temperaturas entre 5° y 6° C.

Sobre esta masa de agua subsuperficial se encuentran las siguientes masas de agua superficiales ( fig. 2):

El agua subtropical superficial.- Con altos valores de salinidad (mayores de 35 o/oo), y temperaturas entre 17° y 20° C., cubre la mayor parte del área estudiada y domina en la corriente sudecuatorial pacífica y en la corriente oceánica del Perú (Sund, 1964).

Masa de agua antártica superficial.- Dadas las características térmicas que predominan en la región antártica, y que son determinantes en las

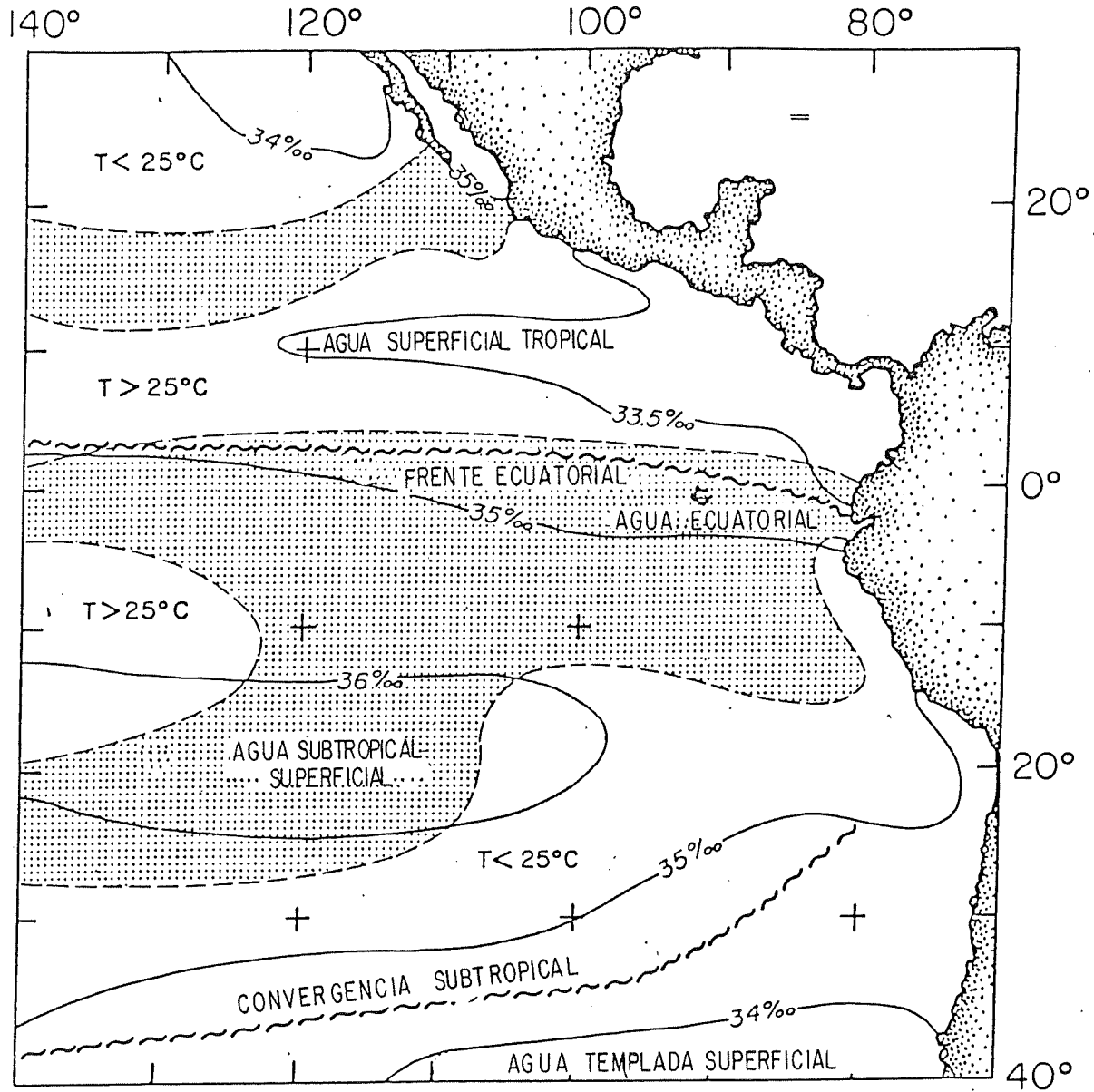


Figura 2. Distribución de masas de agua superficiales en el Océano Pacífico oriental: — salinidad superficial; ---- Posición extrema de la isoterma de  $25^\circ\text{C}$ ; ~~~~ Mayores frentes oceánicos (Según Wyrski, 1967).

condiciones que guardan los cuerpos de agua adyacentes a ella. Esta masa de agua tiene temperaturas bajas, de  $-2^{\circ}$  a  $3^{\circ}$  C., y salinidades de 33.6 a 34.2 o/oo, y es situada entre la costa antártica y el "frente polar" (Molina Cruz, 1978)., puesto que recibe un gran aporte de agua de fondo, es caracterizada obviamente por gran cantidad de nutrientes y alta productividad primaria (Molina Cruz, 1978).

Masa de agua subantártica superficial.- Aún no claramente ubicada, es considerada entre el frente polar, (aproximadamente  $55^{\circ}$  S.), y la convergencia subtropical (Gordon, 1967) (citado por Molina Cruz, 1978). Tiene una salinidad entre 34.20 y 34.40 o/oo, y su temperatura fluctúa entre  $3^{\circ}$  y  $8^{\circ}$  C. (Sverdrup et al., 1965). Esta agua subantártica superficial, se dirige hacia el norte en el sistema de corriente de Perú-Chile.

Se considera que las aguas del norte de esta región, al ser más cálidas ( $8^{\circ}$  -  $18^{\circ}$  C.) que las del sur, ( $3^{\circ}$ -  $8^{\circ}$  C.) sean diferentes, definiéndose a las del norte como masa de agua templada de superficie (Molina Cruz, 1978).

La masa de agua superficial tropical, tiene alta temperatura (Mayor de  $25^{\circ}$  C. ), y baja salinidad (más o menos 33 o/oo), por la intensa precipitación fluvial característica de esa región.

La masa de agua ecuatorial, establecida entre las masas de agua tropical y subtropical, es intermedia entre las propiedades de estas dos anteriores. Esta masa de agua resulta de la mezcla de aguas tropical y subtropical, de la advección de aguas de la corriente del Perú, y del aporte de la surgencia ecuatorial (Molina Cruz, 1978).

#### c).- Meteorología.-

Las condiciones atmosféricas participan directamente en el comportamiento de las masas de agua y las corrientes marinas, ya que las alteraciones o cambios que se manifiestan en la atmósfera, repercuten en su comporta-

miento, imprimiéndoles su naturaleza y alterando sus rasgos característicos. Dichas manifestaciones pueden ser entre otras: el frío, el calor, la lluvia y la circulación atmosférica.

La costa pacífica de Sudamérica, envuelve el clima tropical de bajas latitudes, el clima desértico de medias a bajas latitudes, y el clima periglacial de altas latitudes (Molina Cruz, 1978).

El exámen de los extensos registros de que se dispone sobre la presión atmosférica, muestra que agosto es el mes de la presión máxima y marzo el de la mínima (Bjerknes, 1961). Por lo tanto, las distribuciones de la presión del Pacífico Oriental correspondientes a los meses citados, son las tomadas para ilustrar los extremos de invierno y de verano respectivamente (Bjerknes, 1961).

La zona del máximo de los vientos alisios del sureste se halla alrededor de 200 km. más cerca de la costa del Perú en agosto que en marzo, y en ambas temporadas los vientos cerca de la costa están influenciados por el sistema de la brisa del mar y de la tierra, mostrando menos del 60% de constancia en su dirección.

Los vientos alisios son determinantes para que la termoclina se encuentre más profunda en el lado asiático y más superficial en el lado americano del Océano Pacífico (Bjerknes, 1961).

d).- Fenómeno de "El Niño".-

Anómalamente ocurre una incursión de agua cálida sobre la costa pacífica de Sudamérica, este fenómeno conocido como "El Niño" es complejo y se presenta tan pronto pasa la Navidad generalmente. De acuerdo a varios autores mencionados por Sund (1964), el rango de periodicidad del fenómeno de "El Niño" es amplio: Schweigger, (1960): un año, Posner, (1954): 7 años, Murphy, (1926) : 34 años.

El niño "significa" aguas costeras inusitadamente cálidas, pesca po-

bre, y frecuentemente lluvias torrenciales, culminando todo comunmente en diciembre (Miller y Laurs, 1975). Durante la aparición de este fenómeno existen debilitamientos en la velocidad de los vientos alisios del sureste frente a Sudamérica, especialmente al sur de los  $15^{\circ}$  S., y originan una disminución de mezcla vertical y de afloramiento en la corriente del Perú, relativamente débil (Miller y Laurs, 1975).

e).- Fisiografía y sedimentos del fondo oceánico.- (fig. 3).

El Océano Pacífico Sudoriental es caracterizado de acuerdo a un estudio batimétrico elaborado por Chase et al., (1976), (citado en Molina Cruz 1978) (fig. 3), por un sistema de elevaciones y cordilleras submarinas que convergen aproximadamente a  $28^{\circ}$  S. y  $115^{\circ}$  W. Al noroeste de dicha convergencia se encuentra la cuenca del Perú, que contiene un rasgo fisiográfico característico del Océano Pacífico Sudoriental: la trinchera de Perú-Chile que se localiza desde los  $4^{\circ}$  hasta los  $35^{\circ}$  S., paralelamente a la costa de Perú y Chile.

En la trinchera, la composición sedimentológica es heterogénea, allí se atrapa la mayoría de los terrígenos continentales, evitando su invasión sobre las cuencas del norte de la elevación de Chile (Rosato et al., 1975).

La cordillera Pacífico oriental (east Pacific Rise), se extiende hacia el norte del centro de "convergencia" antes mencionada, y constituye la frontera occidental de la región estudiada.

Hacia el norte de la "convergencia" se extiende la cordillera Nazca-Sala y Gómez, llegando aproximadamente hasta los  $15^{\circ}$  S. y  $75^{\circ}$  W., frente al Perú, de cuyas costas queda separada por la trinchera de Perú-Chile.

Hacia el sur de las islas Galápagos, y perpendicularmente a la Cordillera Pacífico Oriental, se extiende el Centro de dispersión de las Galápagos, casi siguiendo la línea del Ecuador.

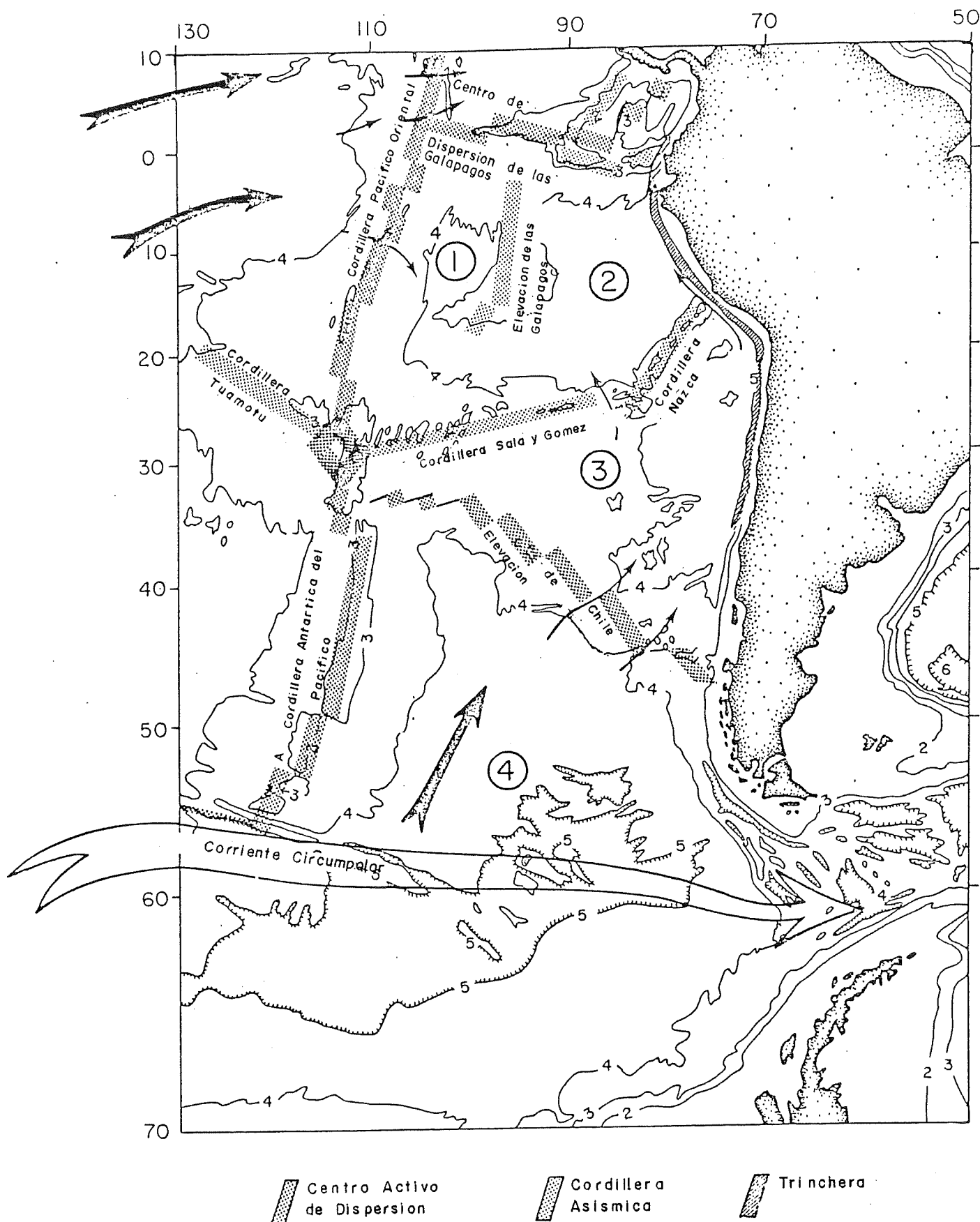


Figura 3. Batimetría (de Chase et al., 1976) rasgos fisiográficos y corrientes de fondo (de Lonsdale, 1976). Los contornos batimétricos se dan en metros (\*1000). Los números dentro de los círculos representan: 1. La profundidad de Bauer. 2. La cuenca del Perú. 3. La cuenca de Chile. 4. La cuenca sudoriental. (Según Molina-Cruz, 1978).

Los sedimentos superficiales del Pacífico sudoriental, se clasifican en siete categorías: Lodos, arenas, oozes calcáreos, oozes silíceos, sedimentos de arena, nódulos de manganeso, y ceniza volcánica ( Rosato et al., 1975).

### III.- GENERALIDADES BIOLÓGICAS DE LOS RADIOLARIOS.-

#### a).- Antecedentes.- (Referidos en Kling, 1978).

Una de las primeras descripciones acerca de los radiolarios, fue hecha por F. V. F. Meyen, en 1834, quien incluyó dos especies de radiolarios entre su descripción de varios pólipos y otros "animales inferiores". Posteriormente Eremberg, en el período de 1838 a 1875, realizó una serie de trabajos donde mencionó extensivas investigaciones respecto a los radiolarios. A mediados del siglo XIX, eminentes biólogos, entre ellos Johannes Müller y --- Richard Hertwig, estudiaron especímenes vivos, principalmente del mar Mediterráneo. Müller fue quien ideó el nombre "Radiolario". Hertwig estableció firmemente su naturaleza unicelular y estableció los mayores grupos taxonómicos en base a la morfología de la cápsula central. Ernest Haeckel, contemporáneo de este último, hizo el primer trabajo referente a su distribución. Casey --- (1971), realizó sus estudios en organismos vivos del Mediterráneo, y presentó una exhaustiva clasificación basada en morfología de tecas, que es aún utilizada con solo pequeñas modificaciones.

W. R. Riedel, en principios de los cincuenta, empezó extensivos estudios de la secuencia de radiolarios del lodo del fondo del mar, en numerosas localidades de áreas tropicales del mundo.

#### b).- Clasificación.-

Los radiolarios son exclusivamente marinos, principalmente pelágicos y con modo de vida planctónica. Son considerados como subclase bajo la clase Actinópodos del Phylum Protozoarios. Los radiolarios se subdividen en dos superórdenes; polycystines y tripyleans. Dentro de los polycystines se encuentran los órdenes spumelarios y los nasselarios. (Kling, 1978).

#### c).- Biología.-

La mayoría de los radiolarios se presentan individualmente, pero algunos spumelarios presentan formas coloniales en masas gelatinosas que pueden

llegar a centímetros de dimensión.

c<sub>1</sub>).- Características morfológicas.-

El rasgo distintivo de los radiolarios es que poseen un esqueleto (teca). Son caracterizados dentro de tres grupos principales de simetría:

1.- Homaxónico.- En este tipo, todos los ejes pasa a través del centro y son morfológicamente semejantes a una esfera.

2.- Monaxónico.- En este tipo, el cuerpo tiene un eje principal - vertical (curvo), que es radialmente simétrico y su forma ligeramente cónica.

3.- Bilateralmente simétrico.- Pertenecen a este tipo aquellos cuyo cuerpo puede ser dividido a lo largo de un plano vertical en dos mitades (Minchin, 1922). El esqueleto nunca está en contacto con el agua de mar, por lo tanto no está sujeto a la disolución por este líquido.

En el mayor grupo de radiolarios fósiles: los polycystines, está formado por sílice amorfo ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Dicho esqueleto está encajado en el blando citoplasma, estando la mayor parte en el ectoplasma. La estructura de las paredes del esqueleto puede ser:

a).- Reticulada.- Consistente en una asociación de barras que forman poros estrechamente espaciados de forma generalmente hexagonal.

b).- Esponjosa.- Que es un denso e intrincado entrelazamiento tridimensional de barras delgadas.

c).- Perforada.- Cuya característica es ser sólida y uniformemente delgada, penetrada por poros que son amplia y relativamente espaciados.

Los dos mayores grupos de radiolarios: Spumellaria y nassellaria presentan diferencias en su esqueleto; los spumellaria, de simetría radial, tienen apariencia de esferas, con espinas usualmente extendidas desde la superficie de las esferas. Además, con marcadas excepciones, tiene esferas concéntricas unidas por barras radiales, variable en número en algunas especies (Benson,

1966). Los nasselaria son en cambio de simetría axial, y pueden ser vistos en multitud de formas individuales.

Los tripyleans son caracterizados por una cápsula central con tres campos de poros; y cerca del campo principal está situada una masa de pigmento oscuro (el phaeodium).

c<sub>2</sub>).- Organización del nivel celular.- (fig. 4).

Estos organismos se caracterizan por una "separación" del protoplasma intracapsular (endoplasma) y el protoplasma extracapsular (ectoplasma), por una cápsula central, formada de tectina o pseudoquitina. Dicha cápsula central, la cual encierra al endoplasma, es usualmente pigmentada y fácilmente visible, siendo de colores brillantes: rojo, amarillo, café, y pocas veces azul, violeta o verde. Las coloraciones de estos organismos son características para algunos grupos y casi siempre el mismo para algunas especies. La composición química del color es aún desconocida. Diminutos hoyos o poros perforan la cápsula central y permiten el intercambio entre el endoplasma y el ectoplasma, y la salida desde el primero de rígidos pseudopodios llamados axopodios.

Los poros pueden estar distribuidos uniformemente sobre toda la cápsula central (como en los porulosa) o restringidos a determinadas partes de ella (como en los osculosa).

Esta cápsula central varía de especie a especie; aunque frecuentemente es esférica, su forma es a menudo relacionada a la estructura del esqueleto, y su presencia distingue a los radiolarios de los demás protozoarios de la clase sarcodina (Benson, 1966; Villee et. al. , 1978).

El protoplasma intracapsular o endoplasma contiene uno o más núcleos, algunas vacuolas, glóbulos de grasa, cristales y gránulos pigmentados. Cuando se aprecia un solo núcleo, éste puede ser muy grande, y origina gran número de zoosporas en la reproducción (Instituto de Cumaná, Venezuela).

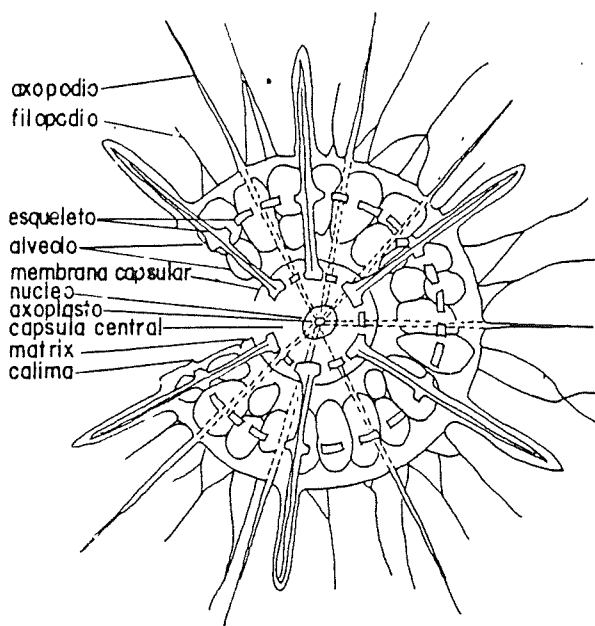


Figura 4. Esquema de la anatomía de los radiolarios, en relación al hipotético esqueleto esférico. (Kling, 1978).

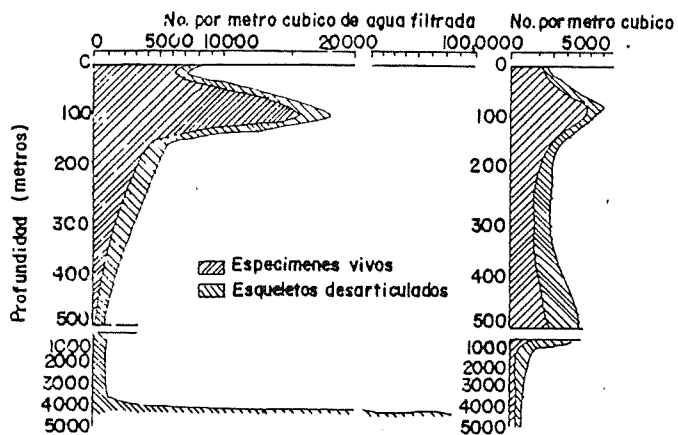


Figura 5. Perfiles de abundancia de radiolarios contra profundidad en dos estaciones en el Pacífico Ecuatorial (Según Petrushevskaya, 1971c).

Cuando se representan múltiples núcleos; éstos indican etapas de multiplicación en el ciclo reproductivo, y son notados también por la presencia de gran número de cromosomas, (aproximadamente 1500; Kling, 1978). En el endoplasma tienen lugar las funciones de reproducción, anabolismo y catabolismo.

El protoplasma extracapsular o ectoplasma es ocupado principalmente por el llamado complejo alveolar o alvéolo, que es una estructura elipsoidal, apenas visible que aparece como una espumosa masa concéntrica.

El calima, situado hacia el perímetro exterior del organismo, es una estructura gelatinosa con grandes vacuolas llenas de un fluido acuoso cuya -- exacta composición se desconoce. Kling (1978), cita a Brandt, (1895), quien sugiere que éstas están saturadas con  $\text{CO}_2$ .

Algunos autores mencionan la presencia de una membrana delicada y permeable (el sarcodictio) que envuelve al calima y es atravesada por los pseudópodos: axopodios y filopodios.

El ectoplasma, por lo menos en algunas formas, presenta interiormente una capa ectoplásmica más densa que el calima e inmediatamente sobre la cápsula central, que es llamada "capa asimiladora" o mátrix (Benson, 1966), en donde los materiales nutritivos se asimilan.

Existe una estructura, que de manera especial se observa en los tripyleans, llamada phaeodium y cuya naturaleza y función son desconocidos; no obstante se considera como colector de materiales de desecho, ya que en él se han observado frústulas de diatomeas y otros restos de probables nutrientes.

En el ectoplasma se encuentran células amarillas o "xoxantelas", que son fitoflagelados que viven en simbiosis con los radiolarios, aportándoles probablemente  $\text{O}_2$ , sustancias grasas y carbohidratos; recibiendo  $\text{CO}_2$  y sustancias nitrogenadas producidas por los radiolarios (Parsons, et. al., 1977; -- Kling, 1978).

### C<sub>3</sub>).- Nutrición.-

Los radiolarios se alimentan de varios tipos de organismos planctónicos como: microflagelados y otros protozoarios, diatomeas y posiblemente copépodos. Kling (1978), menciona a Adshed, (1967), quien teniéndolos en investigación los alimentó con fitopláncton. Algunos investigadores han notado que los radiolarios que contienen algas simbióticas, son capaces de existir por largos períodos sin aparente nutrición externa; pudiendo éstos durar mientras haya aprovechamiento de luz (Kling, 1978).

### C<sub>4</sub>).- Reproducción.-

Poco se sabe acerca de su reproducción. Hayman, (1940) dice que presentan reproducción asexual por fisión.

Cuando los radiolarios han sido guardados con vida durante algunos días, se ha observado que presentan fisión binaria simple (Kling, 1978), dividiéndose primero el núcleo, luego la cápsula central, y por último si es posible el esqueleto. Cada "individuo nuevo" genera el resto del esqueleto. También se ha observado una reproducción sexual en la que el núcleo se divide en varios núcleos, transformándose en zoosporas o isogametas (Vilsee et al., 1978).

Hollande y Enjumet, citados en Kling (1978), describieron la formación de verdaderos enjambres de radiolarios, pero les fue imposible observar el final del ciclo reproductivo.

Kling, (1971), observó en los tripyleans y polycystines dimorfismo en el "esqueleto". El sugirió que esto puede ser el resultado de una alternancia de generaciones reproductivas: sexual y asexual.

El período de vida de los radiolarios no ha sido medido directamente, sin embargo, Kling (1978) menciona a Casey y otros, quienes revelan que tienen un rango de entre varios días hasta semanas o meses.

### C<sub>5</sub>.- Ecología.-

Existen pocos estudios acerca de especímenes vivientes a diferentes

profundidades de los océanos; sin embargo sabemos que todas las especies son principalmente planctónicas pelágicas y viven en todos los océanos. Clark y Campbell (1942) (citados en Instituto de Cumaná Venezuela) manifiestan que en el carbonífero traquiridae se adaptó al ambiente salobre y dulceacuícola.

Son organismos de mar abierto y generalmente no se reconocen especies litorales (Kling, 1978), aunque algunos autores mencionan algunas, otros opinan que su presencia en dicha zona se debe a la acción de las corrientes y al oleaje. (Instituto de Cumaná Venezuela).

Los radiolarios viven entre dos aguas, la mayoría en o cerca de la superficie, pero algunas especies a considerable profundidad (fig. 5).

Por cambios en la espumosis del calima, pueden efectuar movimientos de ascenso y descenso, algunos descienden a considerables profundidades durante el día y vuelven a la superficie durante la noche.

De manera muy generalizada, presentan el fenómeno de bioluminiscencia, a veces verde o amarillenta, y ésta parece emanar de la cápsula central, según Haeckel. (Wood E.J. Ferguson, 1967).

Existen especies características de aguas frías o cálidas, de niveles superficiales, intermedios o abisales. Las formas de aguas profundas son más pequeñas, su esqueleto más robusto y los poros más pequeños que las especies pelágicas. (Instituto de Cumaná, Venezuela).

C<sub>6</sub>.- Distribución.- (La mayoría de las referencias son citadas en -- Casey, 1971a)

Existen pocos estudios en lo que se refiere a la distribución de radiolarios como para poder describir sus límites oceanográficos y/o para fijar su significancia paleoecológica (Kling, 1978).

El primer trabajo notable sobre la distribución de polycystinos vivos fue hecho por E. Haeckel, (1887), quien señaló que los radiolarios se encuentran en todos los mares, en todas las zonas climáticas, y desde niveles super-

ficiales hasta 350 metros de profundidad.

Detalles biogeográficos se tratan a continuación:

c<sub>6.1</sub>).- Distribución global.-

Haeckel, (1887), determinó que el mayor desarrollo de formas y el mayor número de especies ocurren en los trópicos; las zonas frías poseen muy pocos géneros y especies. De los trópicos tiende a disminuir la abundancia regularmente hacia los polos, más rápidamente en el hemisferio sur, siendo el Océano Pacífico el más rico en radiolarios, "cualitativa" y "cuantitativamente".

Riedel (1958), comparó los polycystines de los sedimentos del antártico con los de otros océanos, concluyendo que: La mayoría de las especies viven en aguas pelágicas, así como que hay especies endémicas en algunas localidades, y que hay especies bipolares y especies cosmopolitas.

Los sistemas de corrientes delinearán perímetros de distribución de radiolarios. Las corrientes no solo separan regiones biogeográficas; tales como: una forma central de una ecuatorial y/o una polar, sino que las mismas corrientes contienen grupos característicos .

Petrushhevskaya (1966) establece que muchas especies están correlacionadas con condiciones hidrológicas definidas. También algunos subórdenes, familias y géneros , están correlacionadas con regiones tropicales, templadas o polares.

Kling (1978) cita a Petrushevskaya, (1967, 1971b), en sus trabajos de los océanos Antártico y Pacífico e Indico, indica que la convergencia antártica es el mayor límite biogeográfico para separar las distintas poblaciones de especies antárticas y subantárticas, y que éstas son distintas de las poblaciones ecuatoriales.

Renz, (1973), (citado en Kling,1978), estudiando formas tropicales en el Pacífico, reconoció diferencias entre los radiolarios de la región ecuatorial y los de las regiones centrales adyacentes del norte y del sur. Así, la mayor dis

tribución de radiolarios en los océanos, al igual que otras clases de plánc-ton, parecen estar relacionadas a la circulación oceánica y sus masas de agua asociada.

De acuerdo con Kling, (1978), muchas especies de radiolarios muestran patrones de distribución bipolar, presentando algunas discontinuidad a través del Ecuador en masas de agua subsuperficiales.

#### c<sub>6.2</sub>).- Distribución vertical.-

De acuerdo con Lisitzin, (1972) y de Benson, (1966), la mayoría de los radiolarios viven entre los 0 y 400 m de profundidad.

Generalmente la distribución vertical de los radiolarios está relacionada a masas de agua superficiales. Sin embargo ciertos tripyleans en el Pacífico norte ocupan las aguas intermedias, sumergiéndose hacia el sur de la región subantártica, por abajo de la masa superficial.- (Kling, 1978)

Haeckel, (1887), dice que ciertas especies de radiolarios están limitadas a zonas faunales de particular profundidad y reconoce tres zonas: Faunal pelágica faunal zonarial, y faunal abisal.

Las correspondientes a la zona faunal pelágica, entre la superficie y los 46 m., son primordialmente del orden spumellaria.

Los spumellarios también habitan en los estratos hidrológicos someros de la zona faunal zonarial, de los 46m a los 3656m. Este grupo es gradualmente reemplazado por los nassellarios hacia mayores profundidades, correspondiendo éstos a la zona faunal abisal.

Lo Bianco (1903) distingue cuatro zonas en el Mediterráneo, estando éstas relacionadas al grado de luminosidad y son las siguientes.

|   |                 |
|---|-----------------|
| 0 - 50 m. (zona iluminada).               | Phaeoplancton.  |
| 50 - 400 m. (Zona parcialmente iluminada) | Knephoplancton. |
| 400 - 1500 m. (zona pobremente iluminada) | Scotoplancton.  |

1500 - 5000 m. (zona no iluminada)      Nyctoplanton.

Reshetnyak, (1955) considera seis zonas en las que algunos policistinos ocurren:

|                                 |               |
|---------------------------------|---------------|
| Radiolaria superficial.-        | 0 - 50m.      |
| Formas subsuperficiales.-       | 50 - 200m.    |
| Formas moderadamente profundas. | 200 - 1000m.  |
| Formas batipelágicas.           | 1000 - 2000m. |
| Formas abisales.                | 4000 - 8000m. |
| Fauna transicional.             | 50 - 1000m.   |

c<sub>6.3</sub>).- Variaciones estacionales de abundancia.

Algunas especies experimentan movimientos estacionales desplazándose desde la superficie hasta algunas profundidades en el verano (Viljee et. al., 1978).

Popofski, (1908), trabajando en el Antártico, observó que algunas especies de radiolarios estuvieron presentes solo durante el verano, aparentemente como resultado de un desplazamiento de aguas cálidas superficiales hacia el sur.

Mielk (1913), dice que en el Mar del Norte y en el Atlántico norte los policistinos están restringidos a profundidades mayores de 100m. en primavera y verano; pero aparecen en otoño e invierno arriba de los 100m. El establece que esas distribuciones están relacionadas al flujo de aguas de las áreas circundantes.

Schewiakoff, (1926), considera que los polycystines mediterráneos vienen de aguas profundas a la superficie en estaciones frías. Durante este período ellos se reúnen en masas en niveles de 0 a 50m.

Bernstein, (1934), definió en trabajos llevados a cabo en el norte del mar de Kara, que algunas especies son endémicas y otras son traídas estacional-

mente del mar de Barents por el flujo del agua antártica.

Casey, (1966), establece que en los 200 m. superiores de la columna del agua, en la costa sureste de California, se manifiesta un cambio estacional en poblaciones de radiolarios aparentemente debido a cambios de patrones de circulación local. En invierno los radiolarios de profundidades aproximadas a los 400 m. son traídos a la superficie, probablemente por fenómenos de surgencias.

c<sub>7</sub>).- Adaptaciones a la vida planctónica.- (Referidas en Kling, 1978)

Puesto que el esqueleto de los radiolarios está encerrado en el citoplasma, tal parece que éste no juega un papel decisivo en las funciones de flotación. Por lo tanto, se considera que las gotas de aceite en el citoplasma intervienen en cierto grado en la flotación de estos organismos. Por otro lado los radiolarios poseen capacidad para adherirse a objetos flotantes en el agua. Sin embargo, el complejo alveolar, es considerado como la adaptación principal a la vida planctónica.

La flotación de los radiolarios es controlada por arreglo en el volumen del alvéolo, mediante fluctuaciones del contenido  $CO_2$ .

Con movimientos verticales los radiolarios responden a cambios ambientales. También se sugiere que tienden a hundirse durante la reproducción, como consecuencia de la pérdida del alvéolo.

Pokorny, (1963), menciona que el balance de  $CO_2$  entre el alvéolo puede ser regulado por fluctuación diurna en la actividad fotosintética de las xoxantelas.

## IV.- METODOS.-

## a).- De laboratorio.-

Para determinar las variaciones en abundancia de radiolarios en la zona de surgencias del Perú, durante los estadios 1 y 2 de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ), se tomaron muestras de 1/2 cm. a cada 10 cm. de tres núcleos de pistón: (W7706-16K, W7706-34K, W7706-49K, (fig. 6) con profundidades de .80 m., .80 m., y 1.10 m. respectivamente), proporcionados por la Universidad del Estado de Oregon, (U.S.A.), por medio del Dr. Adolfo Molina Cruz. Cada muestra fue puesta en agua destilada durante 24 horas para disgregar el sedimento compacto, y luego vertida en un matraz de 150 ml., añadiéndole 50 ml. de HCl para disolver el  $CaCO_3$ . Puesto el matraz al calor de una plancha eléctrica se agregaron 30 ml. de  $H_2O_2$  al 30%, gota a gota, para remover la materia orgánica, se llenó el matraz con agua destilada, agitándose luego al vibrador ultrasónico para separar completamente los organismos. Posteriormente se filtraron las muestras en dos tamices: el primero de .450 mm. y el segundo de 63 micras; la última de éstas se regresó al matraz y la primera se desechó.

Acto seguido se procedió a preparar las 47 placas con radiolarios de los tres núcleos, mediante la técnica desarrollada por Moore (1971), y posteriormente refinada por Molina Cruz (1978). Esta técnica asume que los especímenes sobre la placa presentan una distribución estadísticamente al azar.

Se identificaron y contaron los radiolarios a siete especies consideradas como las más abundantes en la zona estudiada. (vea tabla 1).

## b).- De análisis e interpretación.-

Ya terminado el conteo de especímenes de radiolarios, se procedió a obtener el porcentaje de ocurrencia de cada especie y a graficar este porcentaje contra profundidad (figs. 14, 15, 16). Posteriormente se obtuvo la mediana estadística de los datos de cada variable de cada núcleo. Esta mediana se consideró como la transición entre la "mayor" y la "menor" abundancia de cada especie.

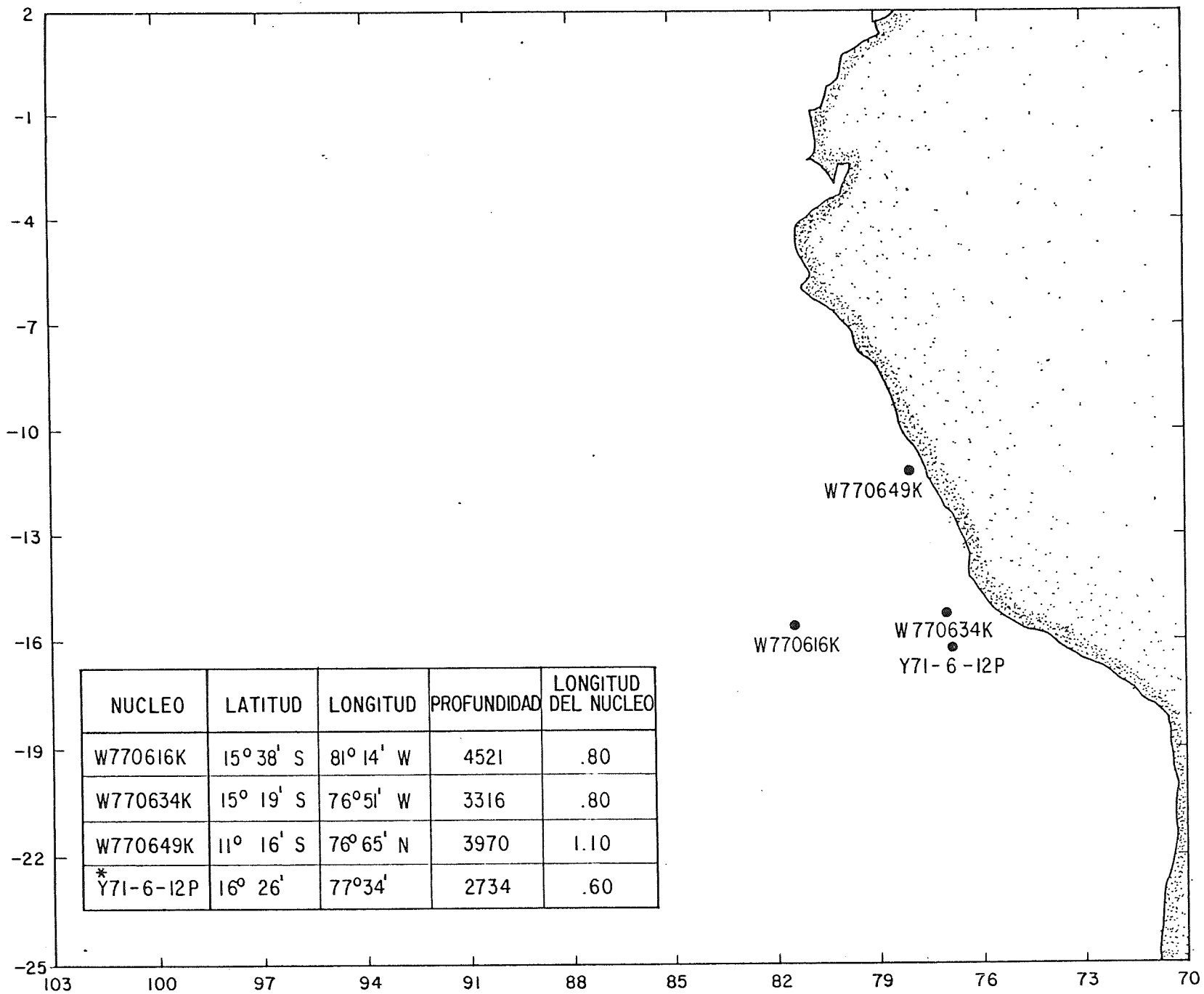


Figura 6. Localización geográfica y profundidad de los núcleos.  
 (\* Núcleo auxiliar; Molina-Cruz, 1978).

T A B L A 1

|   |     | PROFUNDIDAD (CM) |      |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      |     |      | MD  |      |     |      |      |      |
|---|-----|------------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|
| N | S   | 10               |      | 20  |      | 30  |      | 40  |      | 45  |      | 50  |      | 60  |      | 70  |      | 80  |      | 90  |      |     | 100  |     | 110  |      |      |
|   |     | T                | %    | T   | %    | T   | %    | T   | %    | T   | %    | T   | %    | T   | %    | T   | %    | T   | %    | T   | %    |     | T    | %   | T    | %    |      |
| W | N18 | 001              | 00.3 | 003 | 00.5 | 000 | 00.0 | 001 | 00.3 | -   | -    | 000 | 00.0 | 001 | 00.2 | 001 | 01.0 | 000 | 00.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 00.2 |
| 7 | S57 | 008              | 02.6 | 011 | 02.0 | 018 | 06.5 | 021 | 08.1 | -   | -    | 016 | 05.7 | 026 | 05.3 | 004 | 04.0 | 001 | 01.9 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 04.7 |
| 7 | N51 | 008              | 02.6 | 007 | 01.3 | 007 | 02.5 | 009 | 03.4 | -   | -    | 003 | 01.0 | 014 | 02.8 | 002 | 02.0 | 001 | 01.9 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 02.5 |
| 0 | S23 | 005              | 01.6 | 015 | 02.8 | 001 | 00.3 | 000 | 00.0 | -   | -    | 000 | 00.0 | 002 | 00.4 | 000 | 00.0 | 000 | 00.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 00.1 |
| 6 | S34 | 003              | 00.9 | 007 | 01.3 | 000 | 00.0 | 001 | 00.3 | -   | -    | 000 | 00.0 | 001 | 00.2 | 000 | 00.0 | 000 | 00.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 00.1 |
| 1 | S54 | 035              | 11.4 | 056 | 10.5 | 032 | 11.6 | 020 | 07.7 | -   | -    | 027 | 09.6 | 032 | 06.5 | 010 | 10.2 | 004 | 07.6 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 09.9 |
| 6 | N35 | 013              | 04.2 | 017 | 03.1 | 014 | 05.1 | 009 | 03.4 | -   | -    | 009 | 03.2 | 012 | 02.4 | 001 | 01.0 | 000 | 00.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 03.2 |
| K | NI  | 231              | 75.9 | 417 | 78.2 | 202 | 73.7 | 198 | 76.4 | -   | -    | 224 | 08.2 | 409 | 83.9 | 080 | 81.6 | 046 | 88.4 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | -    |
| W | N18 | 011              | 01.1 | 011 | 01.1 | 008 | 01.5 | 002 | 01.6 | -   | -    | 009 | 02.0 | 001 | 00.1 | 004 | 01.4 | 002 | 01.2 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 01.4 |
| 7 | S57 | 009              | 00.9 | 009 | 00.9 | 007 | 01.3 | 000 | 00.0 | -   | -    | 002 | 00.4 | 002 | 00.5 | 000 | 00.0 | 000 | 00.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 00.4 |
| 7 | N51 | 058              | 06.1 | 036 | 06.8 | 033 | 04.8 | 014 | 09.7 | -   | -    | 017 | 03.7 | 018 | 04.6 | 025 | 09.3 | 008 | 04.8 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 05.5 |
| 0 | S23 | 003              | 00.3 | 003 | 00.3 | 003 | 00.4 | 000 | 00.0 | -   | -    | 002 | 00.4 | 001 | 00.2 | 000 | 00.0 | 000 | 00.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 00.2 |
| 6 | S34 | 003              | 00.3 | 003 | 00.3 | 003 | 01.1 | 000 | 00.0 | -   | -    | 002 | 00.4 | 003 | 00.7 | 000 | 00.0 | 000 | 00.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 00.3 |
| 3 | S54 | 080              | 08.4 | 080 | 08.4 | 029 | 04.2 | 002 | 01.6 | -   | -    | 025 | 05.5 | 034 | 08.7 | 006 | 02.2 | 006 | 03.6 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 04.8 |
| 4 | N35 | 055              | 05.8 | 055 | 05.8 | 031 | 04.5 | 004 | 02.7 | -   | -    | 017 | 03.7 | 013 | 03.3 | 007 | 02.6 | 010 | 06.0 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | 04.1 |
| K | NI  | 724              | 76.7 | 373 | 71.3 | 568 | 83.0 | 121 | 84.6 | -   | -    | 375 | 83.5 | 318 | 81.5 | 226 | 84.3 | 138 | 84.1 | -   | -    | -   | -    | -   | -    | -    | -    |
| W | N18 | -                | -    | 002 | 01.3 | -   | -    | -   | -    | 001 | 00.5 | 001 | 00.3 | 002 | 00.8 | 003 | 01.2 | 003 | 00.5 | 000 | 00.0 | 003 | 01.0 | 002 | 00.3 | 00.5 |      |
| 7 | S57 | -                | -    | 001 | 00.6 | -   | -    | -   | -    | 002 | 01.0 | 005 | 01.6 | 003 | 01.2 | 004 | 01.6 | 021 | 03.5 | 001 | 01.1 | 002 | 00.6 | 011 | 01.8 | 01.2 |      |
| 7 | N51 | -                | -    | 004 | 02.7 | -   | -    | -   | -    | 004 | 02.0 | 004 | 01.3 | 001 | 00.4 | 003 | 01.2 | 012 | 02.0 | 003 | 03.4 | 006 | 02.0 | 012 | 02.0 | 02.0 |      |
| 0 | S23 | -                | -    | 001 | 00.6 | -   | -    | -   | -    | 003 | 01.5 | 000 | 00.0 | 002 | 00.8 | 001 | 00.4 | 002 | 00.3 | 000 | 00.0 | 000 | 00.0 | 003 | 00.5 | 00.4 |      |
| 6 | S34 | -                | -    | 001 | 00.6 | -   | -    | -   | -    | 003 | 01.5 | 004 | 01.3 | 007 | 02.9 | 010 | 04.0 | 034 | 05.7 | 006 | 06.8 | 005 | 01.6 | 018 | 03.1 | 03.1 |      |
| 4 | S54 | -                | -    | 006 | 04.1 | -   | -    | -   | -    | 015 | 07.5 | 023 | 07.6 | 017 | 07.0 | 020 | 08.1 | 050 | 08.5 | 008 | 09.0 | 024 | 08.0 | 044 | 07.5 | 07.6 |      |
| 9 | N35 | -                | -    | 001 | 00.6 | -   | -    | -   | -    | 010 | 05.0 | 011 | 03.6 | 010 | 04.1 | 010 | 04.0 | 031 | 05.2 | 002 | 02.2 | 011 | 03.6 | 024 | 04.1 | 04.0 |      |
| K | NI  | -                | -    | 128 | 88.8 | -   | -    | -   | -    | 161 | 80.9 | 253 | 84.0 | 198 | 82.5 | 194 | 79.1 | 435 | 73.9 | 068 | 77.2 | 247 | 82.8 | 465 | 80.3 | -    |      |

ABUNDANCIA DE ESPECIES DE RADIOLARIOS DE TRES NUCLEOS DE LA ZONA DE SURGENCIAS DEL PERU.

N-NUCLEO

S-SIMBOLO

T-TOTAL

- N18-BOTRYOSTROBUS AURITUS -A.G. \_\_\_\_\_ NIGRINI, 1977  
 S57-CENOSPHAERA (?) SP. \_\_\_\_\_ MOLINA CRUZ, 1978  
 N51-LITHOMELISSA S.P.P. \_\_\_\_\_ BENSON, 1966  
 S23-OMMATARTUS TETRATALAMUS \_\_\_\_\_ RENZ, 1973  
 S34-POLISOLENIA MURRAYANA \_\_\_\_\_ MOLINA CRUZ, 1978  
 S54-TETRAPYLE OCTACANTA \_\_\_\_\_ BENSON, 1966  
 N35-THEOCALYPTRA DAVISIANA \_\_\_\_\_ RIEDEL, 1958  
 NI -NO IDENTIFICADOS

En el Pacífico Subtropical Sudoriental, las condiciones ecológicas preferenciales de algunas especies de radiolarios fueron inferidas correlacionando sus cuadros de distribución geográfica (figs. 7-13), elaborados por Molina Cruz, con las condiciones oceanográficas de la región. Posteriormente, asumiendo que se conocen las condiciones ambientales preferenciales de cada especie, se analizó el "comportamiento" de estas (fluctuaciones en abundancia) a través del tiempo, ante las evidentes variaciones climatico-oceanográficas que han ocurrido (Molina Cruz, 1977b). Así mismo, mediante el análisis del comportamiento de las especies a lo largo de los núcleos tomados para este estudio (figs. 14-20), y tomándose como referencia un núcleo (Y71-6-12P), (figs. 14(a)-20(a), tabla 2), para el cual se ha definido la estratigrafía isotópica de oxígeno, ( $\delta^{18}O$ ; Molina Cruz, 1978; Shackleton y Opdike, 1973), se delinearon tentativamente en cada núcleo los contactos 1/2 y 2/3 de la estratigrafía de isótopos de oxígeno, ( $\delta^{18}O$ ). Aunque no es el objetivo de esta tesis, brevemente se menciona la significancia de esta estratigrafía:

La estratigrafía isotópica consiste fundamentalmente en llevar a cabo la medición de isótopos de oxígeno sobre conchas de microfósiles. el registro de estas mediciones, llevadas a cabo a lo largo de un núcleo, es fácil correlacionarlo con el registro de otro núcleo; ya que la variación isotópica a lo largo de cualquier núcleo representa fluctuaciones climáticas globales y relativamente concurrentes en tiempo (glaciaciones e interglaciaciones).

En los registros isotópicos los estadios glaciales se denominan con números pares, y los interglaciales con números nones (ejemplo fig. 14).

Las variaciones en "desarrollo" de las masas de hielo continentales ha controlado ampliamente la composición isotópica del agua de mar y consecuentemente de las células de los organismos que en él viven (Shackleton y Opdyke, 1973).

T A B L A 2

| S   | PROFUNDIDAD.                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | ESPECIE.                     | 6     | 12    | 18    | 24    | 30    | 36    | 42    | 48    | 54    | 60    | MD    |
| N18 | BOTRIOSTROBUS AURITUS. -A.G. | 00.90 | 00.50 | 00.70 | 00.50 | 00.30 | 00.80 | 00.20 | 01.10 | 00.20 | 00.10 | 00.50 |
| S57 | CENOSPHAERA (?) SP.          | 10.10 | 13.10 | 13.90 | 24.60 | 28.10 | 20.20 | 22.10 | 13.70 | 20.10 | 22.90 | 21.15 |
| S23 | OMMATARTUS TETRATALAMUS.     | 01.90 | 02.80 | 01.60 | 00.30 | 00.30 | 00.90 | 00.20 | 01.40 | 00.50 | 00.00 | 00.70 |
| S34 | POLYSOLENIA MURRAYANA.       | 06.10 | 04.12 | 03.20 | 00.90 | 00.50 | 01.70 | 01.10 | 02.20 | 01.40 | 01.20 | 01.55 |
| S54 | TETRAPYLE OCTACANTA.         | 15.00 | 11.30 | 13.40 | 07.20 | 03.40 | 06.60 | 05.80 | 10.50 | 04.50 | 03.60 | 06.9  |
| N35 | THEOCALYPTRA DAVISIANA.      | 04.70 | 03.30 | 03.50 | 03.50 | 02.30 | 04.10 | 04.60 | 03.50 | 03.20 | 02.50 | 03.50 |

PORCENTAJE DE ESPECIES DE RADIOLARIOS CONTRA PROFUNDIDAD  
EN EL NUCLEO Y71-6-12P

## V.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Del análisis del comportamiento de las especies en los núcleos, se obtuvieron los siguientes resultados:

### BOTRIOSTROBUS AURITUS AUSTRALIS GROUP.- (figs. 7, 14).

Esta especie se encuentra distribuída a lo largo del frente ecuatorial y sobre la contracorriente del Perú, en aguas con relativamente alta temperatura (25° C.) y salinidades intermedias (entre 33 y 35 o/oo).

El análisis de su distribución vertical indica que ha sido relativamente escasa en esta zona durante los últimos 33 000 años; sin embargo el núcleo 49K revela una constancia mayor, de lo cual se deduce que los fenómenos de advección de la contracorriente del Perú han sido más sensibles en la región norte, manteniendo obviamente más marcadas las características del agua ecuatorial. La presencia de esta especie en el núcleo 49K, cercano a la costa, encierra una posible evidencia de la existencia del flujo sur subsuperficial costero, que Wooster y Gilmartin (1961), (citados por Silva Sandoval y Neshiva, 1977), denominaron como corriente subsuperficial Perú-Chile.

### CENOSPHAERA (?) S.P., (figs. 8, 15).

Es una especie cuyo mayor porcentaje se localiza frente a la costa sur del Perú; su distribución actual delinea el frente oceanográfico formado por la corriente de Chile y la contracorriente del Perú, deduciéndose su preferencia por las zonas de mezcla de estas dos masas de agua.

El análisis del comportamiento de esta especie a lo largo de los núcleos, sugiere que en el estadio 2 de  $\delta^{18}O$ , esta especie fue notoriamente más abundante. Tal hecho nos sugiere que durante este estadio glacial, el frente oceanográfico antes mencionado fue formado con más intensidad.

### LITHOMELISSA S.P.P. (figs. 9, 16).

Dada su distribución geográfica, se deduce su preferencia por aguas ricas en nutrientes que son producto de las surgencias. Esta especie muestra una tendencia a dispersarse hacia el NW, por conducción de dichas aguas entre las corrientes costera y oceánica del Perú.

Durante la segunda mitad del estadio 2 de  $\delta^{18}O$ , *Lithomelissa* S.P.P., se manifiesta abundantemente en los núcleos 16K y 34K, no así en el núcleo 49K en el que dicha abundancia es relativamente escasa. En el núcleo 49K durante la primera mitad se manifiesta también una abundancia considerable de *Lithomelissa* S.P.P.

Durante la segunda mitad del estadio 2, el comportamiento de la especie sugiere una mayor influencia de las surgencias en la región sur, en comparación con la región norte del área estudiada. Posteriormente en la proximidad del contacto de los estadios 1 y 2, tiene lugar una inversión en el comportamiento de la especie, la cual se manifiesta con tendencia a disminuir en los núcleos 16K y 34K, y a aumentar en el núcleo 49K.

La surgencia anterior debe considerarse con cierta reserva pues tal parece que durante la segunda mitad del estadio 2, en la localización del núcleo 49K, hubo más aporte de terrígenos, lo que diluyó a las tecas de radiolarios.

#### OMMATARTUS TETRATALAMUS.- (figs. 10, 17).

Siendo ésta una especie de temperaturas cálidas y de alta salinidad, propia de aguas subtropicales; presenta actualmente una disminución hacia la costa, en virtud de que aquí el sistema de corrientes del Perú, que se manifiesta claramente con flujo NW, impide una marcada influencia de las aguas subtropicales en esta zona.

El análisis del comportamiento de *Ommatartus tetratalamus* a lo largo

de los tres núcleos, revela que en el estadio 2 la especie fue marcadamente escasa. Posteriormente muestra un aumento considerable cercano al punto de contacto entre los estadios 1 y 2.

De ello se infiere que durante el estadio 2, el campo de vientos alisios influenció notoriamente las condiciones oceanográficas de la región, originando fuertes surgencias y restringiendo la invasión de las aguas subtropicales (Molina Cruz, 1977b). En el punto de contacto entre los estadios 1 y 2, tuvo lugar un "relajamiento" de este campo de vientos, permitiendo una mayor influencia de las aguas subtropicales hacia la zona estudiada.

Es probable también, que durante el estadio 2, el frente oceanográfico formado por la corriente de Chile y la contracorriente del Perú haya sido más intenso; restringiendo la influencia de las aguas subtropicales en la costa sur del Perú.

#### POLYSOLENIA MURRAYANA.- (figs. 11, 18).

Actualmente se encuentra distribuida en mayor abundancia frente a las costas del Perú, presentando una prolongación hacia el NW originado por el empuje de las corrientes costera y oceánica del Perú. Por lo tanto se deduce que esta especie es propia de "aguas de surgencias", caracterizadas por poseer abundantes nutrientes.

Esta especie se manifiesta en los núcleos 16K y 34K poco abundante. Tal hecho se debe a que la región de estos núcleos, en la parte sur del Perú, es poco influenciada por las surgencias costeras. En el núcleo 49K, la especie es abundante durante el estadio 2 y escasa durante el estadio 1; esto sugiere que la región del núcleo 49K fue más influenciada por las surgencias costeras durante el estadio 2 que recientemente.

TETRAPYLE OCTACANTA.- (figs. 12, 19).

Esta especie tiene preferencia por aguas subtropicales, (17°-25° C.). Su distribución tiende a disminuir hacia la costa del Perú, por que allí el sistemas de corrientes del Perú que posee condiciones adversas a su preferencia, ejerce su influencia.

El análisis del comportamiento de esta especie en el núcleo 16K, muestra una baja abundancia en la mayor parte del estadio 2; en cambio en los núcleos 34K y 49K, durante la primera mitad de este estadio se manifiesta más abundantemente, decreciendo en su segunda mitad.

En las proximidades del punto de contacto de los estadios 1 y 2, los núcleos 16K y 34K muestran un aumento de abundancia; no así en el núcleo 49K que tiende a disminuir.

La distribución vertical de esta especie, sugiere la posibilidad de que durante la segunda mitad del estadio 2 los vientos alisos provocan fuertes surgencias restringiendo la influencia del agua subtropical sobre la costa.

En el punto de contacto de los estadios 1 y 2, los vientos alisos se relajaron (Molina Cruz, 1977b), restringiendo el área de surgencias y permitiendo una mayor invasión de aguas subtropicales sobre las localidades de los núcleos 16K y 34K.

THEOCALYPTRA DAVISIANA.- (figs. 13, 20).

La distribución actual de esta especie, (fuera de la costa de Perú, Chile y sur del Ecuador), indica su preferencia por ambientes con temperaturas y salinidades bajas y con abundantes nutrientes. Estos rasgos son característicos del sistema de corrientes del Perú.

En los núcleos 16K y 34K, durante el estadio; se manifiesta una escasa abundancia de esta especie, siendo relativamente mayor en el núcleo 49K; posteriormente tiende a ser más abundante hacia el punto de contacto de los

estadios 1 y 2. No es posible en este trabajo determinar las razones por las que esta especie manifiesta tal comportamiento.

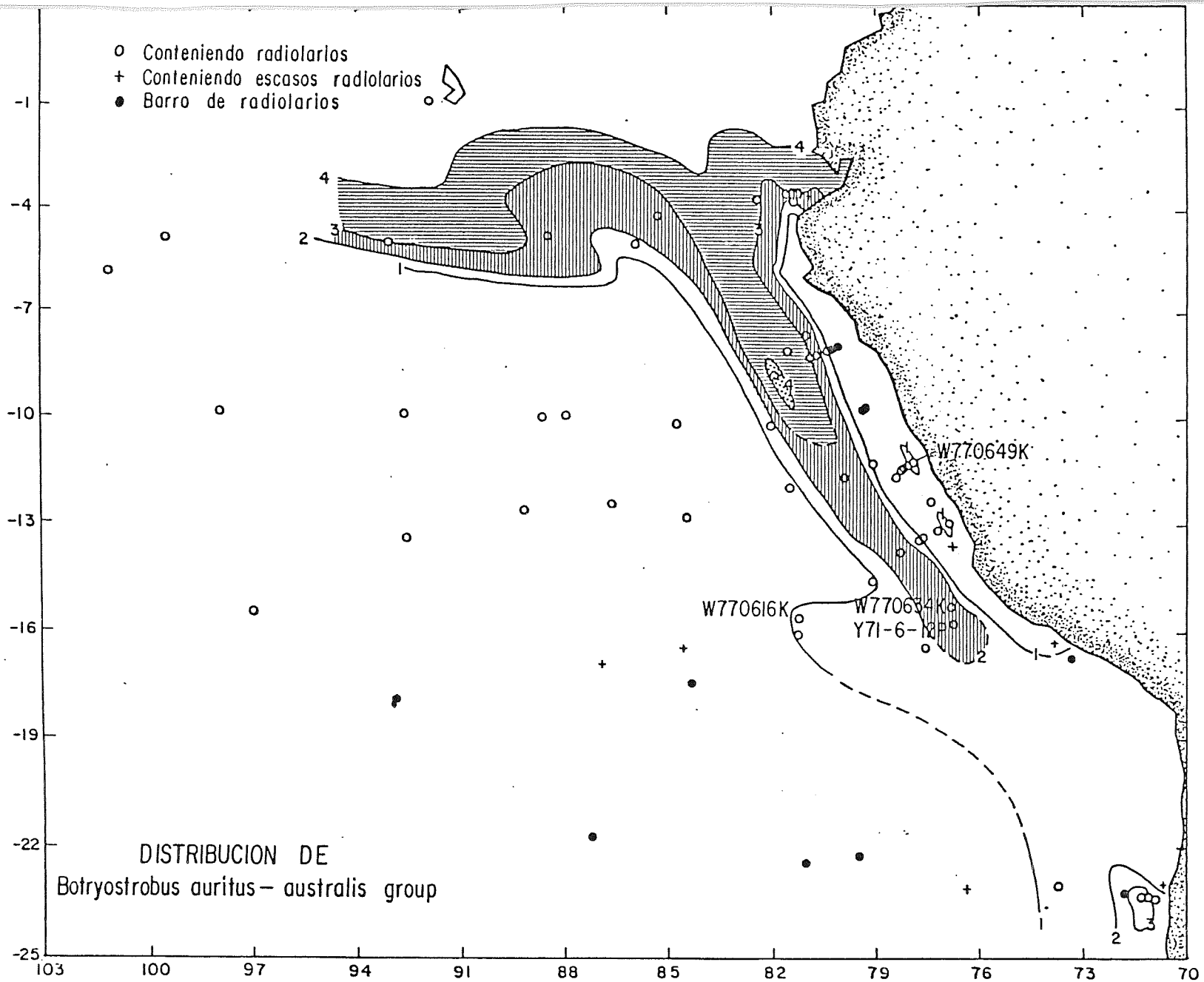


Figura 7.- Distribución geográfica de *Botryostrobos Auritus-Australis* Group en los Sedimentos del Pacífico Sudoriental Subtropical. Los valores de los contornos indican la abundancia relativa ( porcentajes ) de la especie en la población de radiolarios.

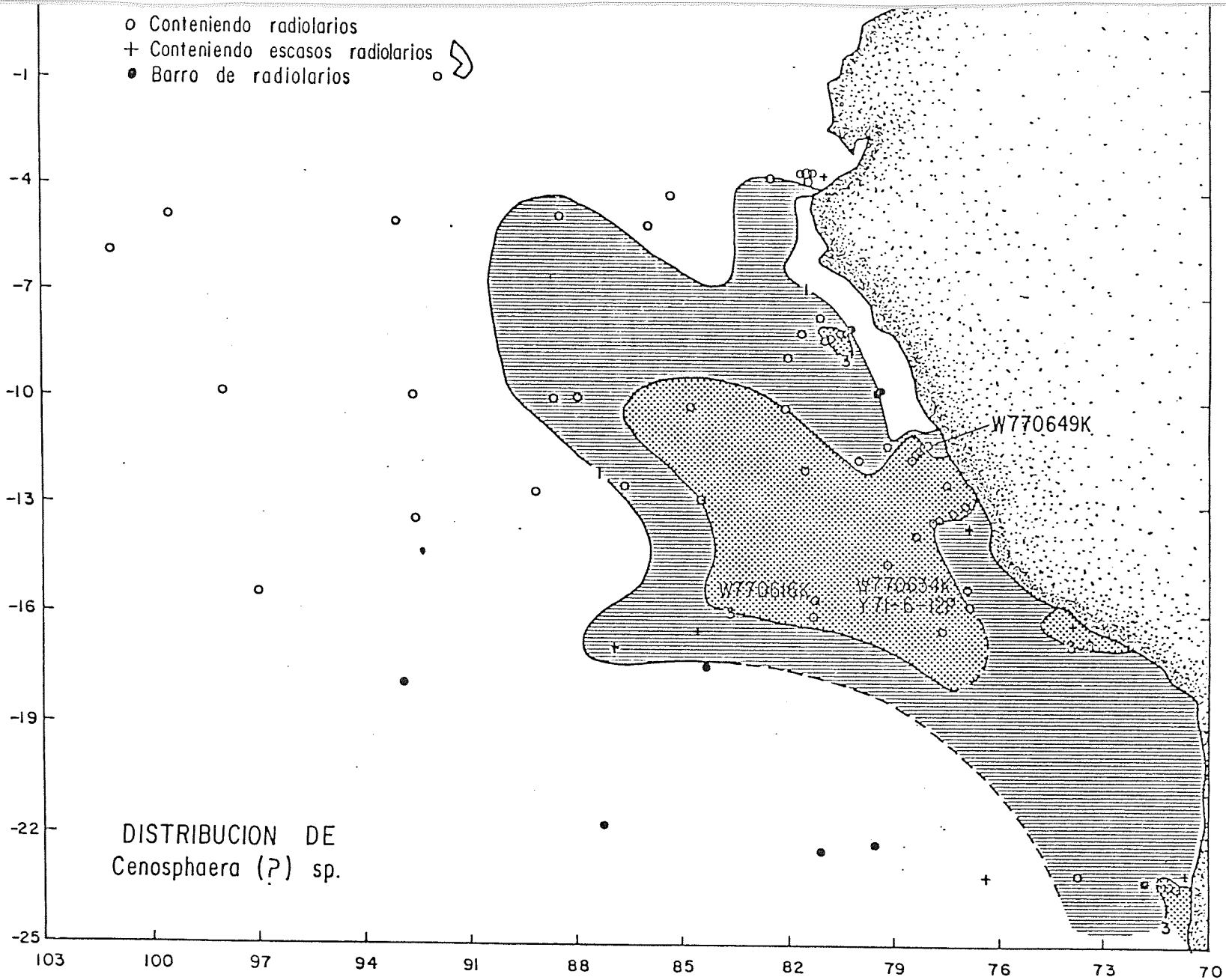


Figura 8.- Distribución geográfica de *Cenosphaera* (?) S.P en los Sedimentos del Pacífico Sudoriental Subtropical. Los valores de los contornos indican la abundancia relativa (porcentajes) de la especie en la población de radiolarios.

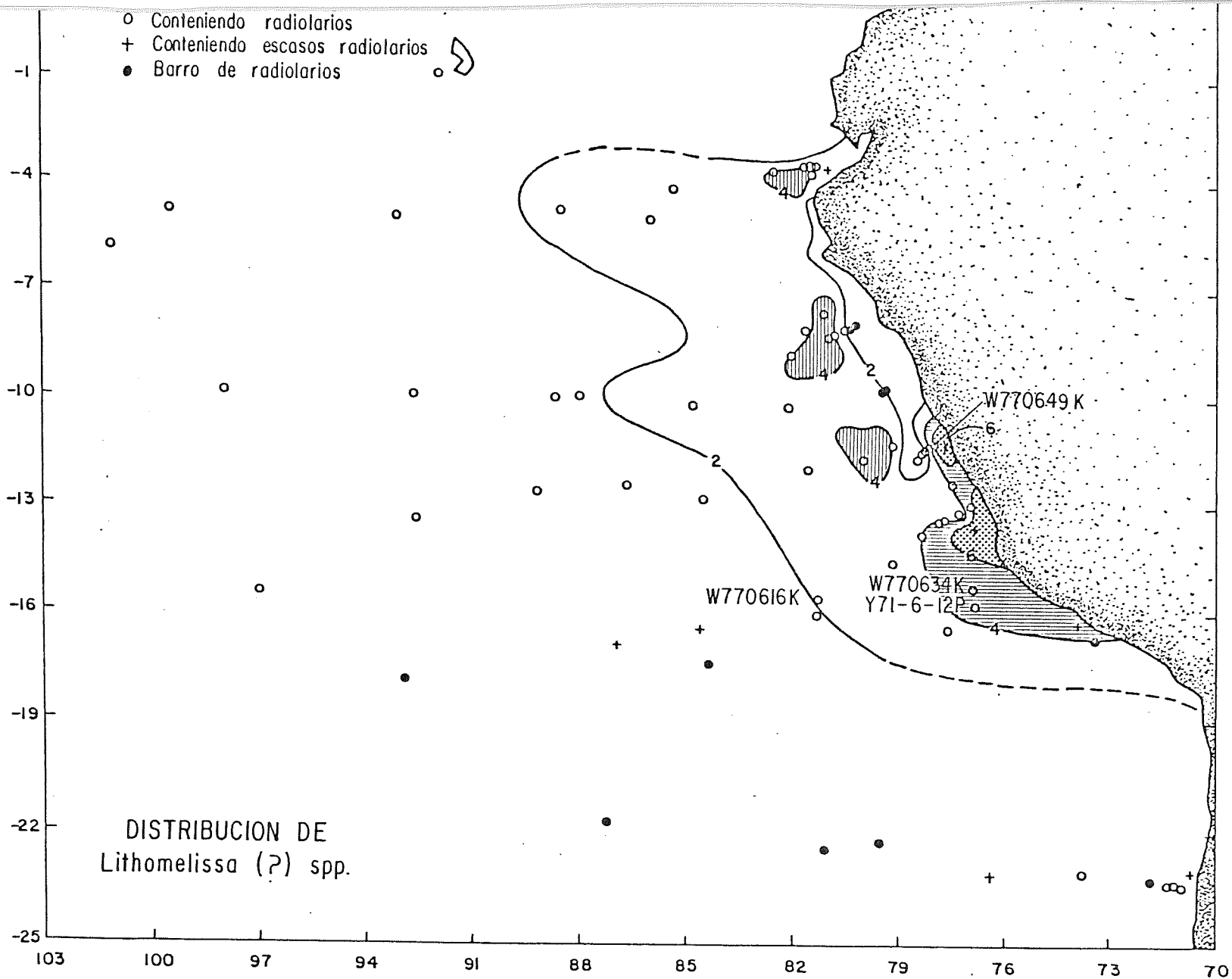


Figura 9.- Distribución geográfica de *Lithomelissa* (?) SPP. en los sedimentos del Pacífico Sud-oriental Subtropical. Los valores de los contornos indican la abundancia relativa (porcentajes) de la especie en la población de radiolarios.

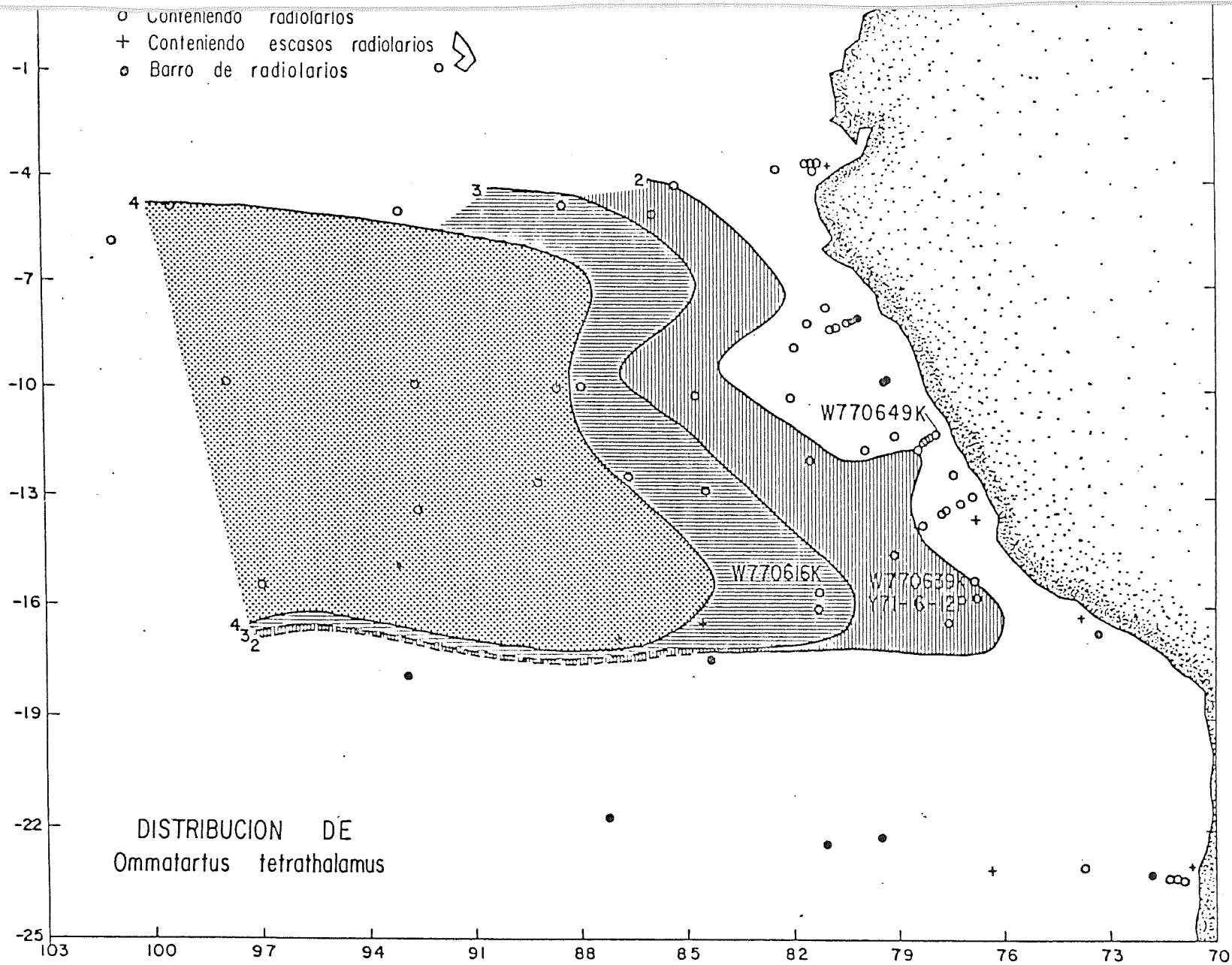


Figura 10.- Distribución Geográfica de *Ommatartus tetrathalamus* en los Sedimentos del Pacífico Sud-oriental Subtropical. Los valores de los contornos indican la abundancia relativa (porcentajes) de la especie en la población de radiolarios.

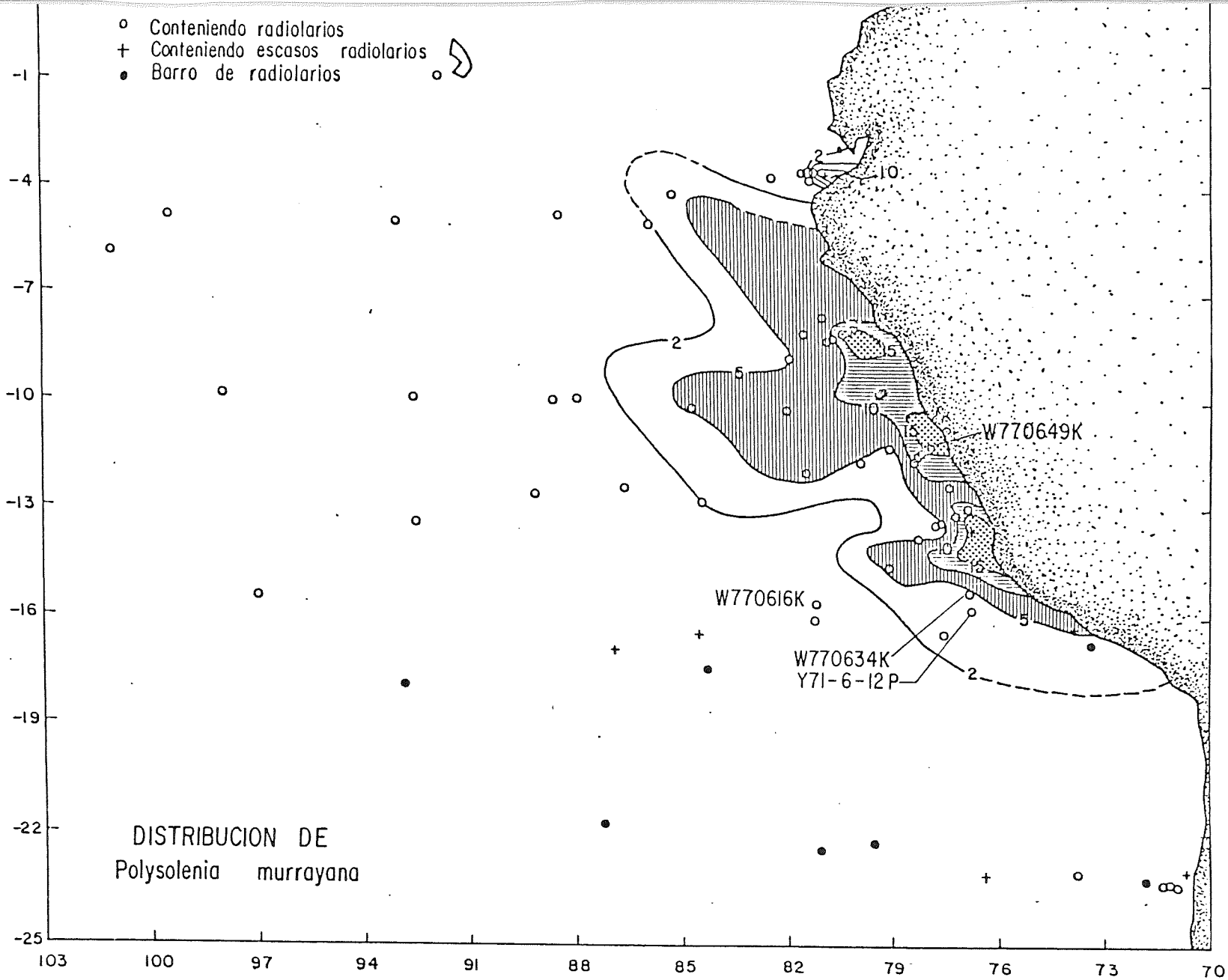


Figura 11.- Distribución geográfica de *Polysolenia murrayana* en los sedimentos del Pacífico Sud-oriental Subtropical. Los valores de los contornos indican la abundancia relativa (porcentajes) de la especie en la población de radiolarios.

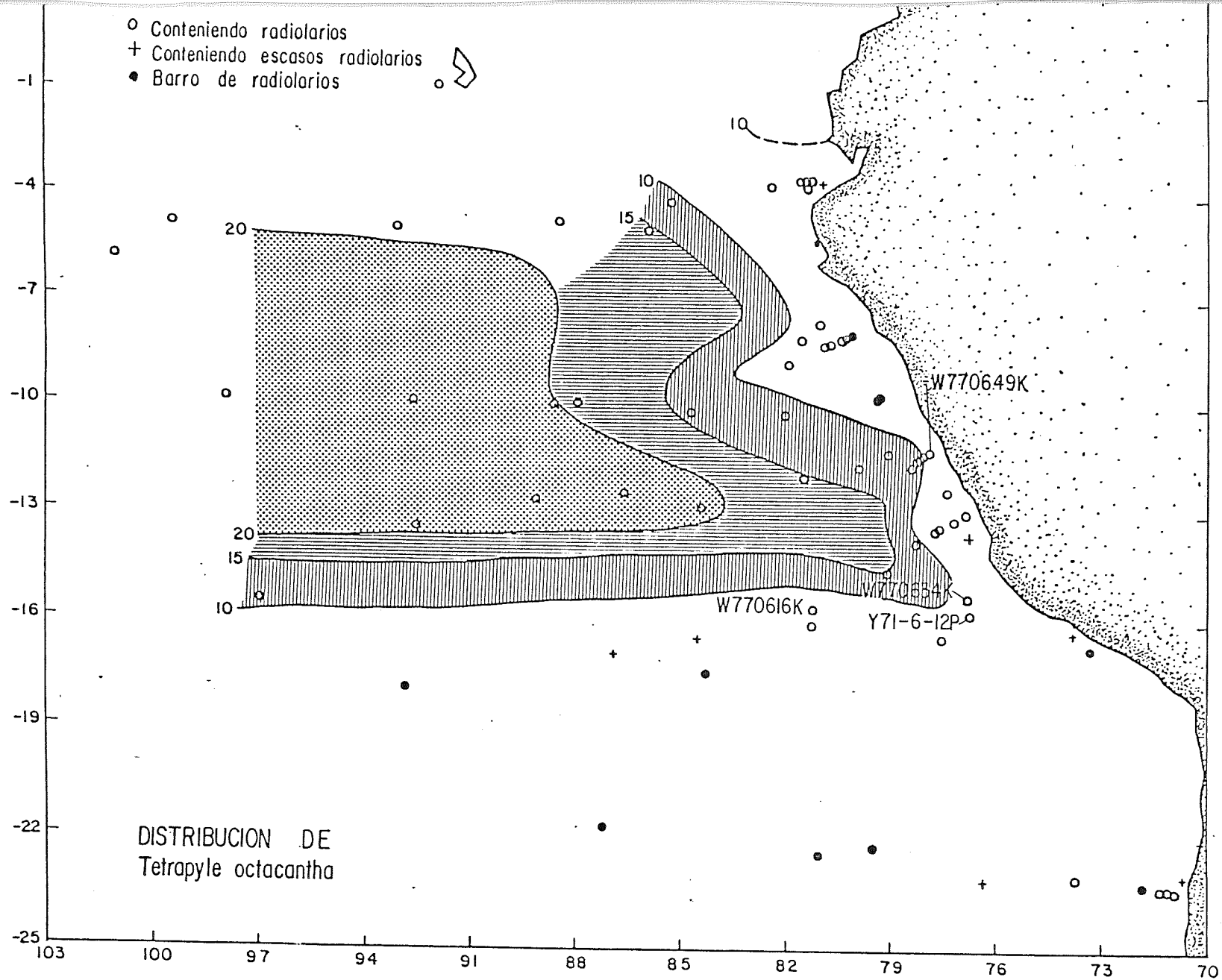


Figura 12.- Distribución Geográfica de *Tetrapyle octacantha* en los Sedimentos del Pacífico Sudoriental Subtropical. Los valores de los contornos indican la abundancia relativa (porcentajes) de la especie en la población de radiolarios.

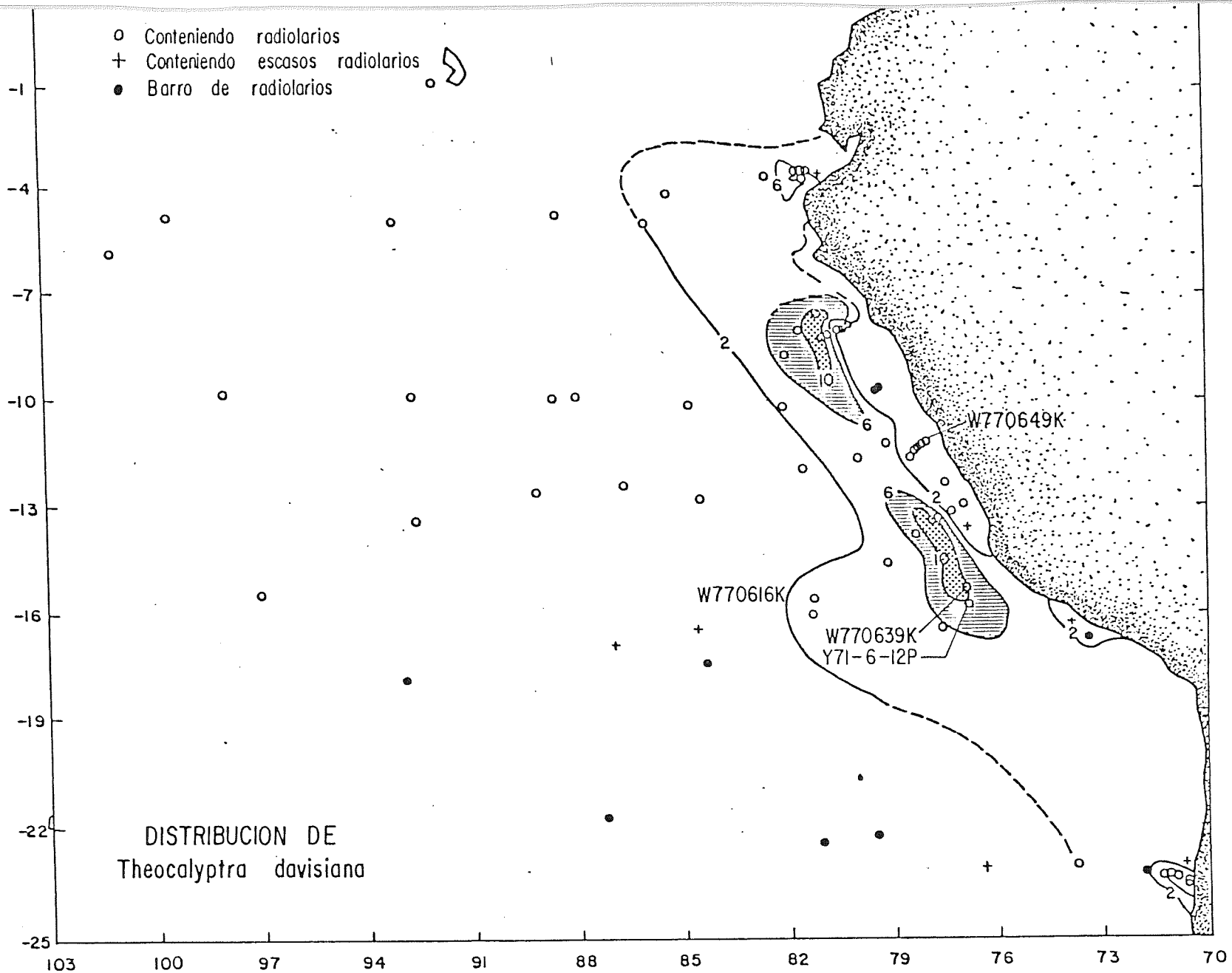


Figura 13.- Distribución geográfica de *Theocalyptra davisiana* en los sedimentos del Pacífico Sudoriental Subtropical. Los valores de los contornos indican la abundancia relativa (porcentajes) de la especie en la población de radiolarios.

## Botryostrobos Auritus – Australis Group

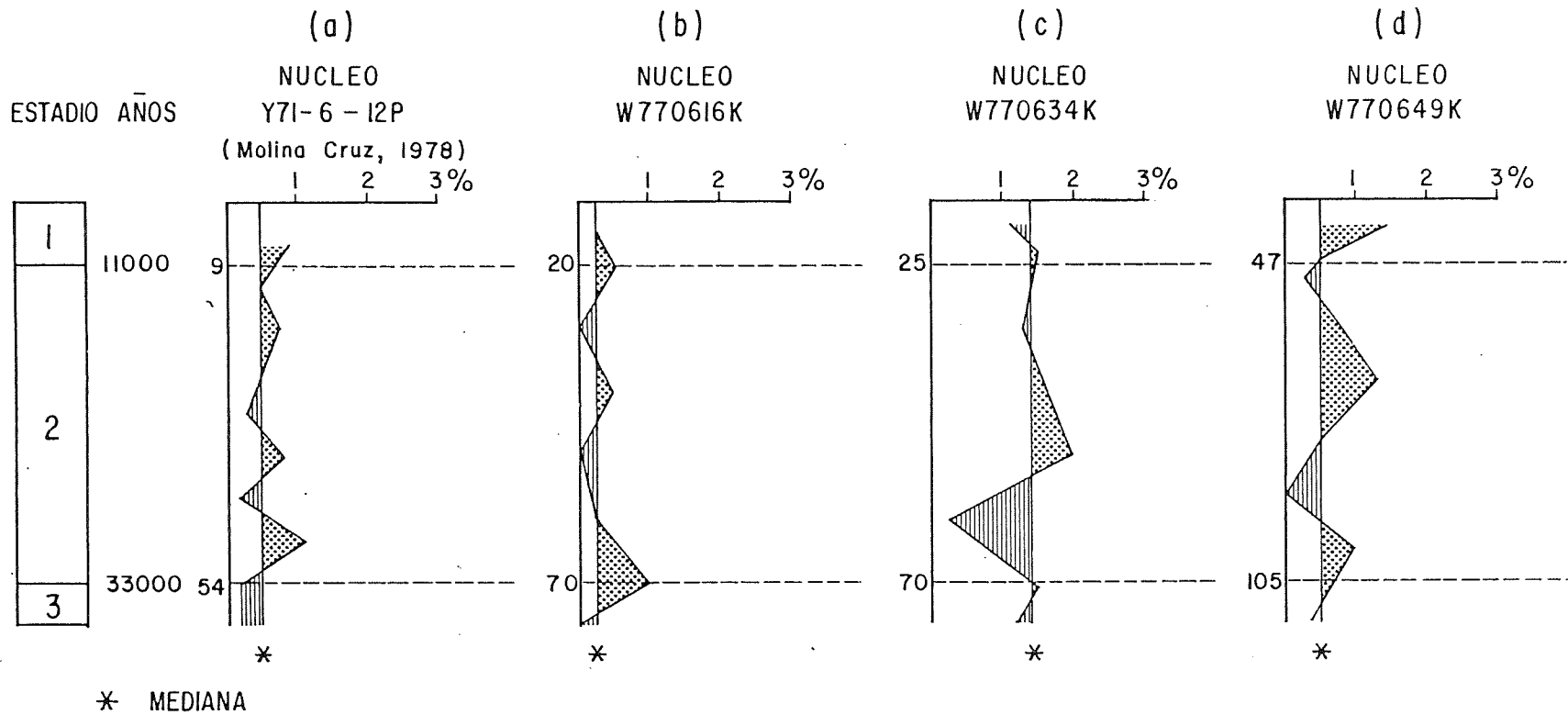


Figura 14.- Distribución "vertical" de Botryostrobos Auritus-Australis group durante los últimos dos estadios de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ). Las edades entre los contactos de  $\delta^{18}O$  son de acuerdo a Shackleton y Opdyke (1973). Para detalles sobre la correlación estratigráfica entre los núcleos véase el texto.

Cenosphaera(?)sp.

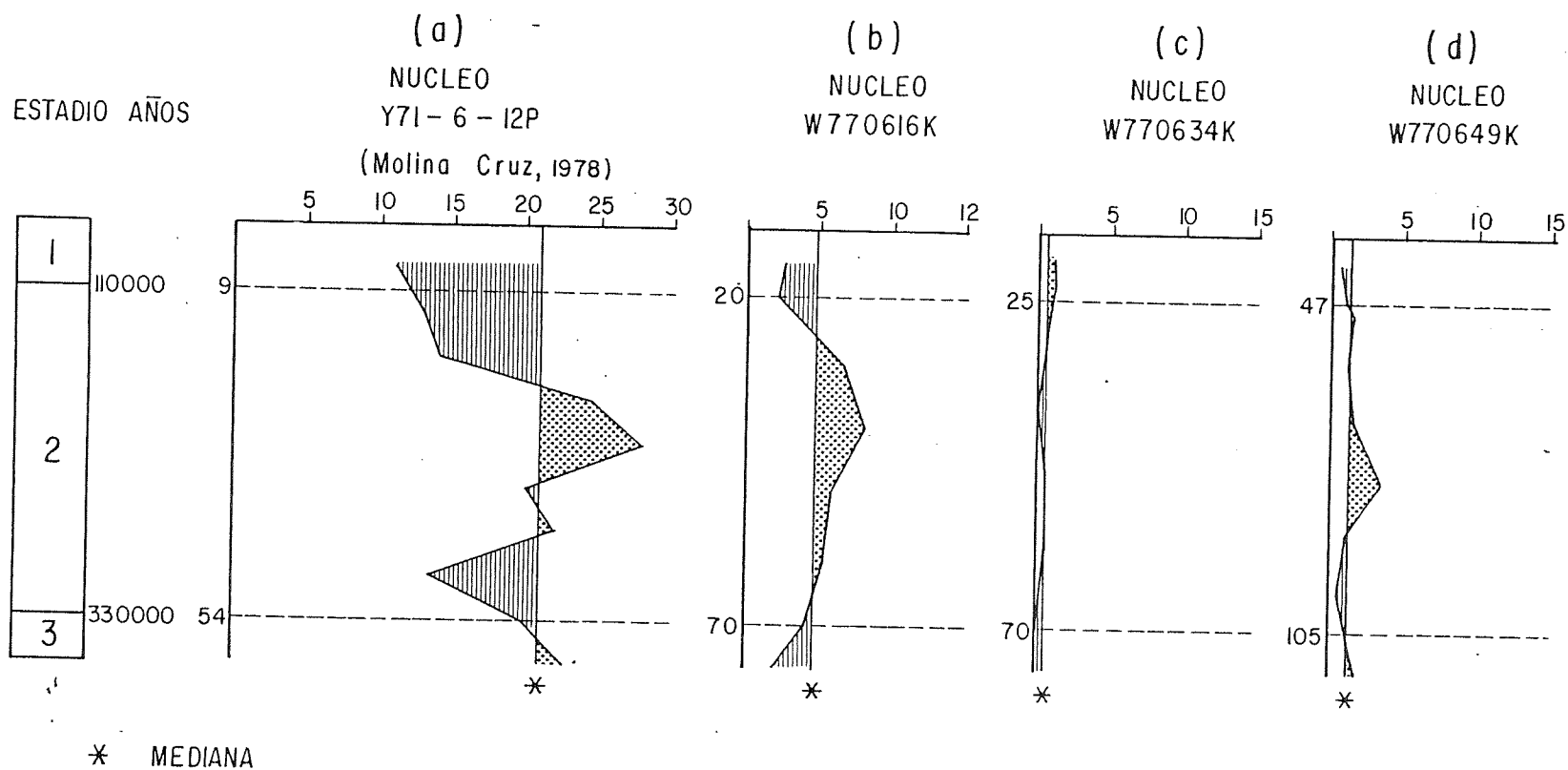
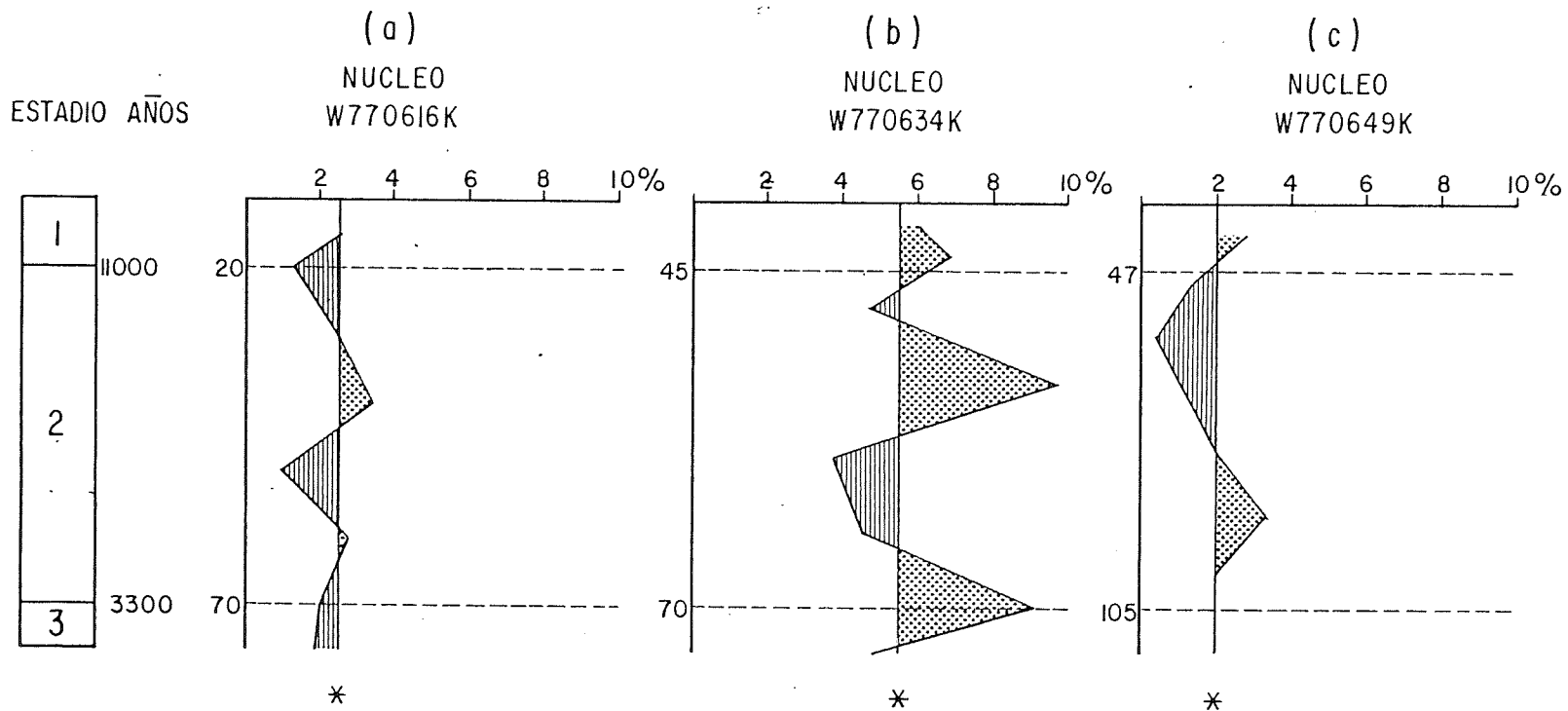


Figura 15.- Distribución "vertical" de Cenosphaera (?) sp. durante los últimos dos estadios de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ). Las edades entre los contactos de  $\delta^{18}O$  son de acuerdo a Shackleton y Opdyke (1973).

Para detalles sobre la correlación estratigráfica entre los núcleos véase el texto.

Lithomelissa (?) spp.



\* MEDIANA

Figura 16.- Distribución "vertical" de *Lithomelissa* (?) spp. durante los últimos dos estadios de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ). Las edades entre los contactos de  $\delta^{18}O$  son de acuerdo a Shackleton y Opdyke (1973).

Para detalles sobre la correlación estratigráfica entre los núcleos véase el texto.

## Ommatartus Tetrathalamus

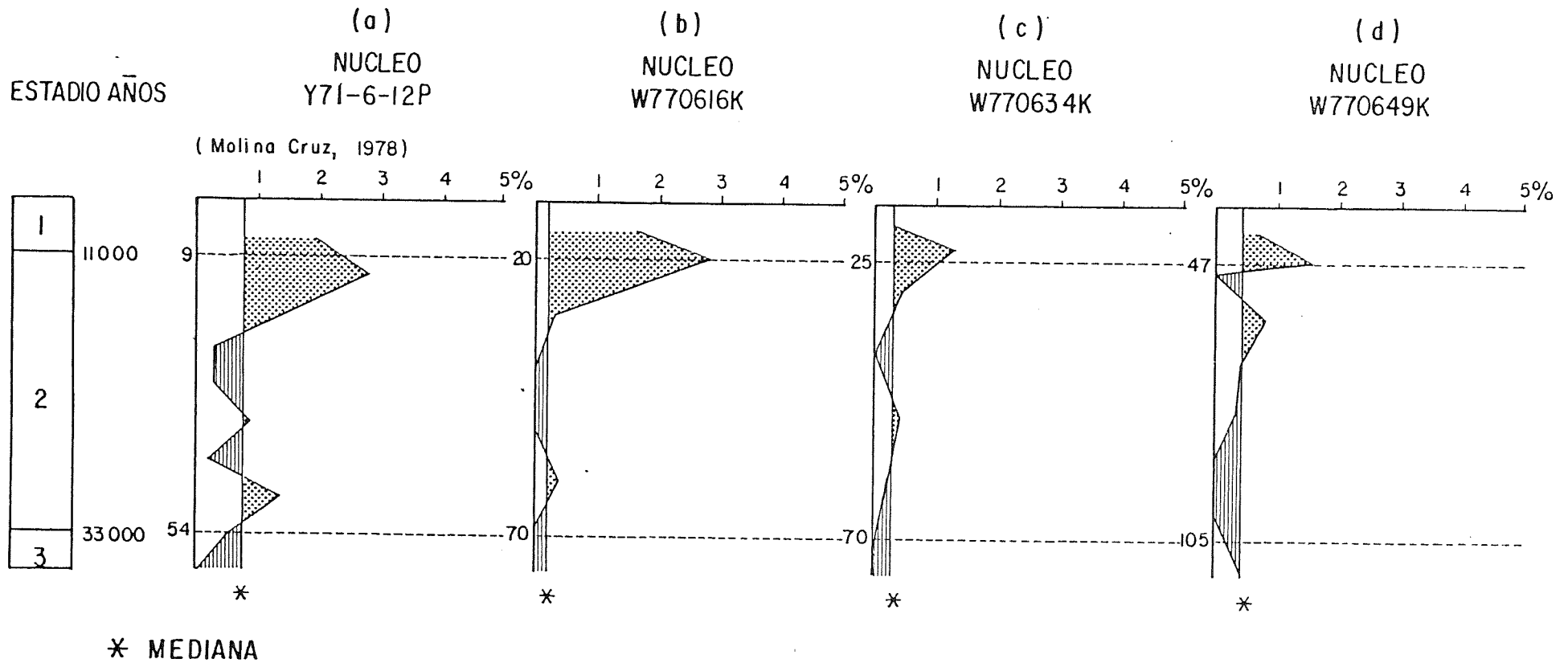


Figura 17.- Distribución "vertical" de *Ommatartus Tetrathalamus* durante los últimos dos estadios de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ). Las edades entre los contactos de  $\delta^{18}O$  son de acuerdo a Shackleton y Opdyke (1973).

Para detalles sobre la correlación estratigráfica entre los núcleos véase el texto.

## Poysolenia Murrayana

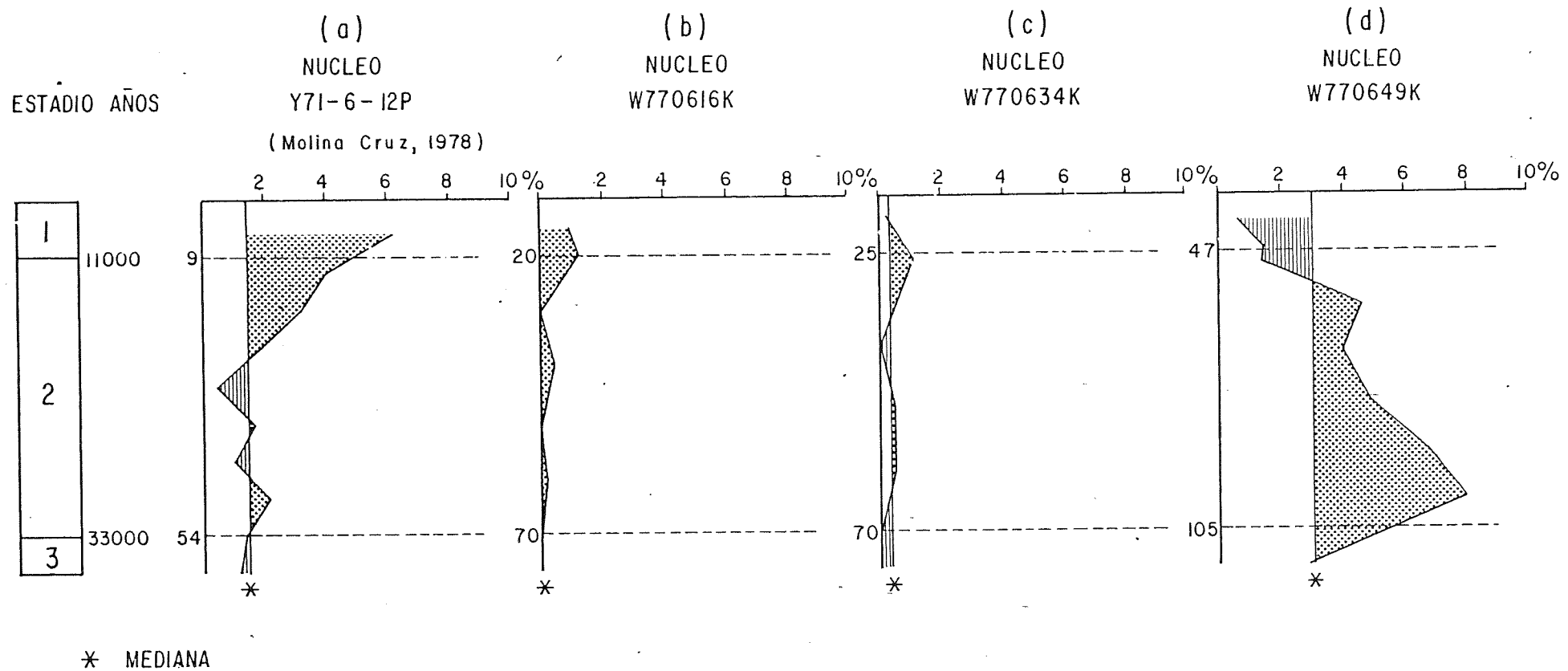


Figura 18.- Distribución "vertical" de *Poysolenia Murrayana* durante los últimos dos estadios de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ). Las edades entre los contactos de  $\delta^{18}O$  son de acuerdo a Shackleton y Opdyke (1973).

Para detalles sobre la correlación estratigráfica entre los núcleos véase el texto.

## Tetrapyle Octacanta

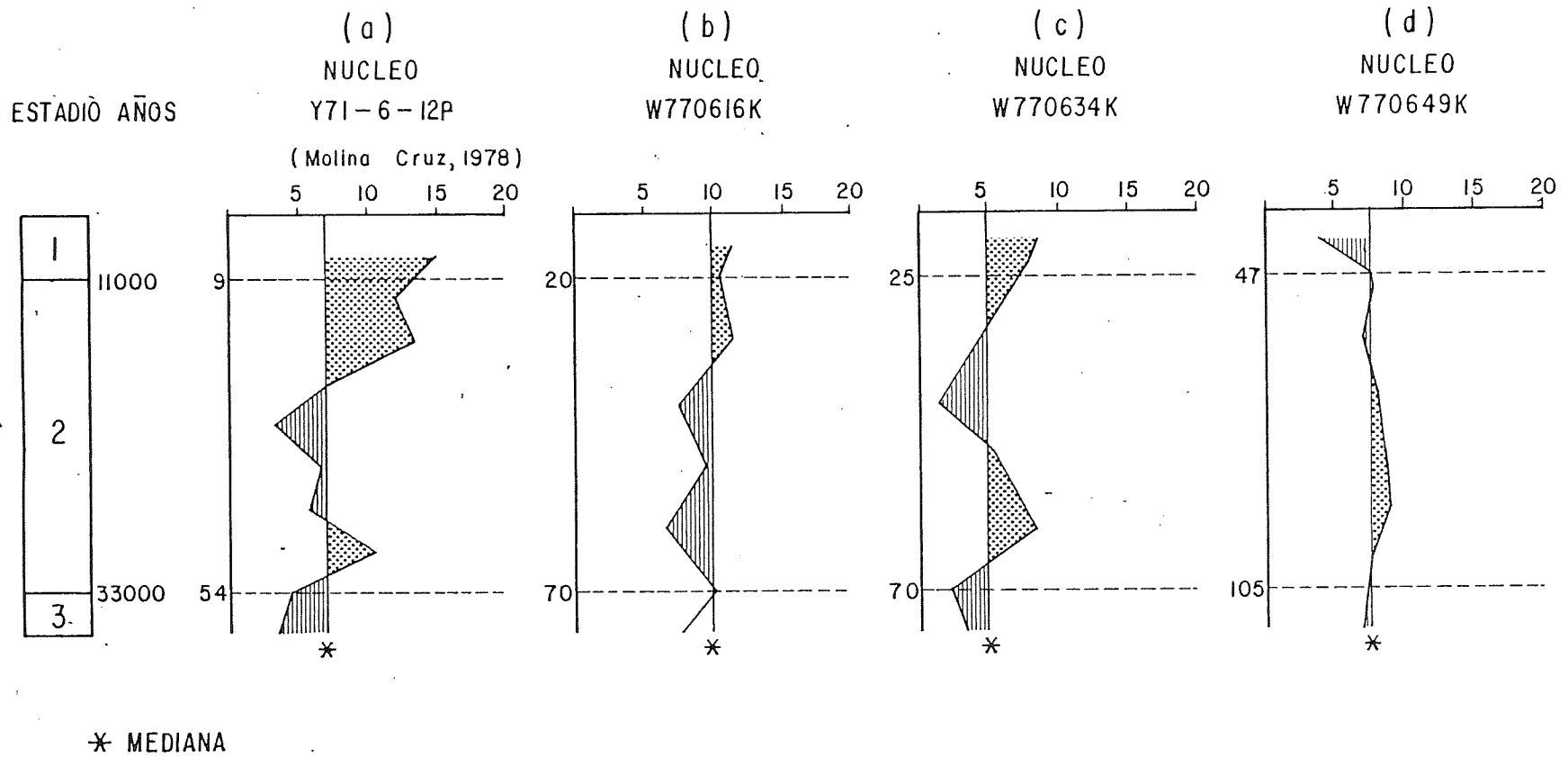


Figura 19.- Distribución "vertical" de *Tetrapyle Octacanta* durante los últimos dos estadios de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ). Las edades entre los contactos de  $\delta^{18}O$  son de acuerdo a Shackleton y Opdyke (1973).

Para detalles sobre la correlación estratigráfica entre los núcleos véase el texto.

# Theocalyptra Davisiana

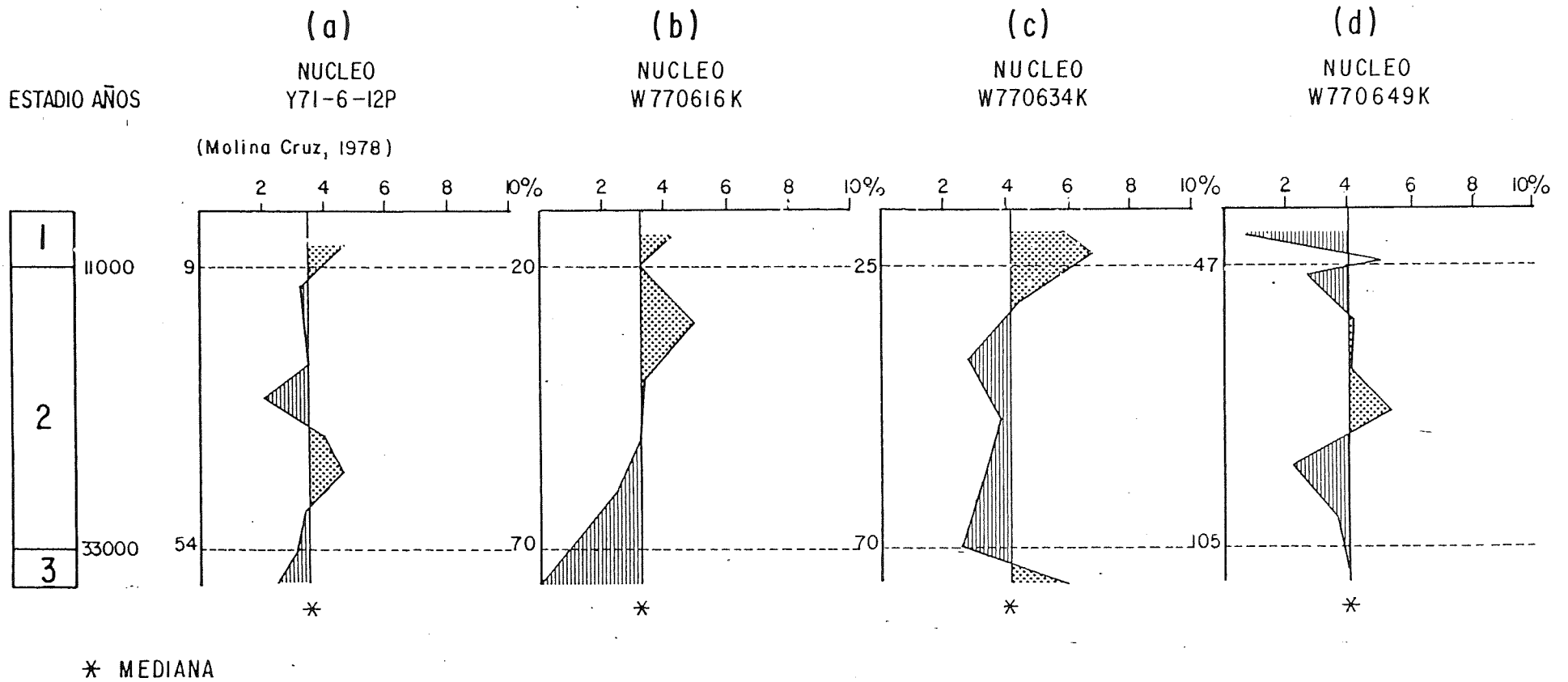


Figura 20.- Distribución "vertical" de *Theocalyptra Davisiana* durante los últimos dos estadios de la estratigrafía isotópica de oxígeno ( $\delta^{18}O$ ). Las edades entre los contactos de  $\delta^{18}O$  son de acuerdo a Shackleton y Opdyke (1973).

Para detalles sobre la correlación estratigráfica entre los núcleos véase el texto.

Las características ambientales del océano han sufrido variaciones marcadas a lo largo del tiempo, ante la presencia de las glaciaciones. Dichas variaciones se manifiestan "modificando" las características y distribución geográfica de las corrientes y masas de agua. Ante tales alteraciones ambientales, las especies marinas han manifestado también cambios en su abundancia y distribución; aumentando o disminuyendo su población ante la ocurrencia de condiciones favorables o desfavorables, o bien desplazándose geográficamente con las corrientes cuyas características les son afines.

El Pacífico Sudoriental Subtropical es influenciado notoriamente por el sistema de corrientes del Perú, en cuya generación los vientos alisios son determinantes. Estos vientos dan origen a las surgencias; fenómeno que caracteriza notoriamente a esta región.

Durante estos últimos 33 000 años, los vientos alisios han manifestado ciertas variaciones en su intensidad y área de manifestación, y han influido en las condiciones oceanográficas del Pacífico Sudoriental Subtropical. Tal hecho lo demuestra el comportamiento de las especies de aguas de surgencias a través del tiempo. (figs. 16, 18, 20).

Un rasgo característico del Pacífico Sudoriental Subtropical, es el frente oceanográfico que forman la corriente de Chile y la contracorriente del Perú, el cual, durante el período de tiempo considerado en este estudio, ha manifestado variaciones en intensidad. Tales variaciones han sido inferidas analizando las fluctuaciones en abundancia de ciertas especies de radiolarios que prefieren las condiciones ambientales de dicho frente. (figs. 8, 15).

Las aguas subtropicales y ecuatoriales han jugado un papel muy importante en esta zona del Pacífico subtropical durante los últimos estadios de  $\delta^{18}O$ ; ya que cuando las surgencias costeras decrecen, estas aguas invaden la costa del Perú. Tal fenómeno ha sido inferido comparando las fluctuaciones de especies ca-

racterísticas de zonas de surgencias (fig. 18d), con las de especies características de aguas subtropicales y/o ecuatoriales (fig. 17d). Los registros de las especies características de surgencias fluctúan contrariamente a los registros de las especies características de aguas subtropicales.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

A través del tiempo, las especies de radiolarios consideradas en este estudio, han manifestado fluctuaciones en abundancia, debido a que han ocurrido cambios de las condiciones ambientales del planeta (glaciales e interglaciales).

Dada la cercanía de los núcleos W770634K y Y71-6-12P. (fechado por Molina Cruz, 1978; ver fig. 6), la distribución vertical del porcentaje de las especies en ambos núcleos es muy similar; lo cual constituye una muestra de confiabilidad del análisis llevado a cabo durante el presente trabajo.

Las aguas ecuatoriales han invadido la zona de surgencias del Perú, por advección de la contracorriente del Perú, manifestándose con mayor intensidad en la región norte.

Las aguas subtropicales invaden ocasionalmente la zona de surgencias costeras del Perú, principalmente durante el debilitamiento de los vientos alisios.

El frente oceanográfico formado por la corriente de Chile y la contracorriente del Perú, provee un ambiente ecológico para el desarrollo de *Cenosphaera* (?) S.P. Además es probable que la intensidad de este frente regule la influencia de las aguas subtropicales en la región costera del sur del Perú. Durante el estadio 2 de  $\delta^{18}O$ , dicho frente se manifestó con mayor intensidad.

Algunas especies de radiolarios tienen similares preferencias de condiciones ambientales, y de hecho comparten un mismo habitat; sin embargo sus fluctuaciones a través del tiempo no se manifiestan de manera semejante; constituyendo una incógnita a explicar. Tal es el caso de *Lithomelissa* S.P.P., y *Polysoenia* Murrayana, ya que tienen actualmente una distribución geográfica similar (figs. 9, 11), pero sus fluctuaciones a lo largo de los núcleos es muy diferente (figs. 16, 18).

En base a las investigaciones llevadas a cabo en este trabajo, se hacen

Las siguientes recomendaciones:

Llevar a cabo estudios más especializados sobre Paleoecología y Paleoceanografía, para determinar la razón por la que algunas especies, teniendo preferencias ambientales semejantes, presentan comportamiento diferente en su distribución en la columna geológica.

Llevar a cabo investigaciones similares a este estudio, en toda el área del Pacífico Sudoriental; para tener un panorama más completo respecto a la Paleo-ecología y la Paleoceanografía de esta región durante los últimos 33 000 años.

Utilizar una mayor variedad de especies de radiolarios y de otros microfósiles; para confirmar los resultados aquí obtenidos.

Dársele apoyo a los estudios de este tipo que se están llevando a cabo en México, para determinar las variaciones paleo-ecológicas y paleoceanográficas que aquí han tenido lugar.

Llevar a cabo este tipo de estudios tratando de relacionar la ocurrencia de estos organismos con otros organismos de importancia económica; tales como especies de peces. De esta manera se podrá inferir los posibles desplazamientos geográficos que a través del tiempo dichas especies han manifestado, y las variaciones tanto en abundancia como en localización que a futuro podrán ocurrir, con sus repercusiones en las pesquerías de determinadas zonas productivamente importantes.

## VII.- BIBLIOGRAFIA.-

- Benson, Richard Norman., 1966. Recent radiolaria from the Gulf of California. Ph. D. Thesis University of Minnesota, P.P. 68-82.
- Bjerknes Jacob., 1961. "El Niño" study based on analysis of ocean surface temperature 1935-57. Inteamerican Trop. Tuna Comm., Bulletin., Vol. 5, No. 3, p 273-303.
- Bjerknes Jacob., 1966. Survey of El Niño 1957-1968 in its relation to the Tropical Pacific Meteorology. Bull. Interamerican Tropical Tuna Comm. ,12 (2): 25-86.
- Casey, R.E., 1971a. Distribution of polycystine radiolaria in the oceans in relation to physical and chemical conditions. IN: B.M. Funnel and W.R. Riedel (Editors), the micopaleontology of oceans. Cambridge University. Cambridge. P.P. 151-159.
- Fok Pun L., 1978. Sobre el registro sedimentario de algunos peces en el Golfo de California. Tesis pag. 2.
- Hyman, L.H., 1940. The invertebrates protozoa through ctenophora. New York, Mc. Graw-Hill book Co. Inc. 726 p.
- Instituto de Cumaná, Venezuela. Ecología Marina, pags. 448 - 470.
- Kling, S.A., 1978., Radiolaria., in Haq´Bilal U. and Boersma, Anne. Introduction to Marine Micropaleontology. 203-244 pp.
- Lisitzin, A.P., 1972., Sedimentacion in the world Ocean. In: K.S. Rodolfo (Editor) Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ., No. 17: 218 pp.
- Lonsdale, Peter., 1976. Abyssal Circulation of Southeastern Pacific and some geological implications. Jour. Geophys. Res., 81 (6); 1163-1176.
- Miller<sup>2</sup> Forrest R. y Laurs<sup>3</sup> R. Michael., 1975. El Niño de 1972-1973 en el Océano

Pacífico Oriental Tropical (431-449).

- Minchin, E.A., 1922. An introduction to the study of the protozoa with special reference to the parasitic forms. pp. 249-256.
- Molina Cruz, A., 1977a. Radiolarian assemblages and their relationship to the oceanography of the Subtropical Southeastern Pacific. *Mar. Micropaleontology.*, 2: 315-352.
- Molina Cruz, A., 1977b. The relation of the Southern Trade winds to upwelling processes during the last 75 000 years. *Sedimentological Evidence. Quaternary Res.*, 8 (3): 324-338.
- Molina Cruz, A., 1978. Late Quaternary Oceanic Circulation along the Pacific Coast of South America. Ph. D. Thesis. Oregon State University, Corvallis Ore. p. 1-16.
- Moore, T.C., Jr., 1971. Radiolaria. In: Initial Report Deep Sea Drilling Project, Leg 8, pp. 727-775.
- Moore, T.C. Jr., 1978. The distribution of radiolaria assemblages in the modern and ice-age Pacific. *Mar. Micropaleontology.*, 3: 229-266.
- Nigrini Catherine., 1977. Tropical Cenozoic. *Arctostobiidae (Radiolaria)*. *Micro-paleontology*, Vol. 23 No. 3 pp. 241-269. Pls. 1-4.
- Parsons, T.R., Takahashi M., Hargrove B., 1977. *Biological Oceanographic Processes* 2nd. edition pp. 38, 124-126.
- Renz, G.W., 1973. The Distribution and Ecology of Radiolaria in the Central Pacific: Plankton and Surface Sediments. Unpubl. Ph. D. Thesis, University of California, San Diego. 251 numb leaves.
- Riedel, W.R. , 1958. Radiolaria in Antarctic Sediments Repts. B.A.N.Z. Antarctic Research Exped., Ser. B, 6 (10), 217-55.
- Rosato, V.J., L.D. Kulm, and P.S. Dereks., 1975. Surface Sediments of the Nazca Plate. *Pacific Sci.*, 29: 117-130.

- Shackleton, N.J., and N.D. Opdyke., 1973. Oxigen isotope and paleomagnetic stratigraphic of Ecuatorial Pacific core V28-238: Oxigen Isotope, temperatures and ice volumes of  $10^5$  year scale. Quaternary Research. 3 (1): 39-55.
- Silva Sandoval, S.R., and S. Neshiva., 1977. Corrientes superficiales frente a la costa austral de Chile. Ciencia y Técnica del Mar. Contribución CONA. No. 3. (in press).
- Sorokin, Yu. I. ,1978. Marine Biology. Description of primary production and of the heterotrophic microplankton in the peruvian upwelling region. In: Oceanology of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. Vol. 18, No. 1, 62-70 pp.
- Sund. P.N., 1964. Los quetognatos en las aguas de la región del Perú. Comisión Interamericana del Atún Tropical. Boletín., Vol. IX. No. 3 pags. 189-216.
- Svendrup, H.V., Johnson, M.W., Fleming, R.H., 1965. The Oceans p. 702-703, 969-970.
- Ville Claude A., Walker Warren F., Barnes, Robert. D., 1978. General Zoology pp. 243, 540-545.
- White W.B., 1969. The Ecuatorial Undercurrent, the South Equatorial Countercurrent and their extensions in the South Pacific Ocean east of the Galapagos Islands during february-march, 1967. Department of Oceanography, Texas A & M University, No. 69-4-t.
- Wood, E.J. Ferguson., 1967. Microbiology of Ocean on Estuaries. pp. 41-170.