

03067



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE POSGRADO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PROYECTO ACADÉMICO ESPECIALIZACIÓN, MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR

"Paleoceanografía Holocénica de los Mares Nórdicos con base en el estudio de los Radiolarios."

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS DEL MAR (Especialidad Oceanografía Biológica y Pesquera)

P R E S E N T A ROCIO DE GUADALUPE BERNAL RAMIREZ

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

RESUMEN	I
I. INTRODUCCION	3
II. ANTECEDENTES	5
Generalidades	5
Los Radiolarios	6
III. AREA DE ESTUDIO	9
Generalidades	9
Masas de Agua y Circulación	14
Frentes Oceánicos	17
IV. MATERIALES Y METODOS	21
Trabajo de Campo	21
Trabajo de Laboratorio	21
<i>Preparación de Muestras</i>	23
<i>Preparación de Placas Micropaleontológicas</i>	23
Determinación y Cuento de Organismos	24
Manejo de Datos	25
<i>Análisis Estadísticos Utilizados</i>	26
V. RESULTADOS Y DISCUSION	29
Sedimentos y Densidad de Radiolarios	29
Cuento de Radiolarios	31
Distribución de la Abundancia Relativa de los Radiolarios.	31
Análisis de Factores	34
"Fechaición" de los Núcleos Estudiados	41
Marco Paleocanográfico	47
VI. CONCLUSIONES	61
VII. RECOMENDACIONES	63
VIII. AGRADECIMIENTOS	65
IX. LITERATURA CITADA	67

FIGURAS

Figura 1.- Ubicación del área de estudio.	10
Figura 2.- Rasgos fisiográficos y Batimetría del área de estudio (Perry <i>et al.</i> , 1980).	11
Figura 3.- Distribución de los tres tipos de sedimentos en el área de estudio, (modificado de Kellogg,1976 y Paetsch <i>et al.</i> ,1992).	13
Figura 4.- Distribución geográfica de la temperatura superficial (°C) en el área de estudio, (Johannessen,1986).	15
Figura 5.- Distribución geográfica de la salinidad superficial (‰) en el área de estudio, (Johannessen, 1986).	16
Figura 6.- Masas de agua y circulación superficial en el área de estudio (modificado de Johannessen, 1986 y Swift, 1986).	18
Figura 7.- Localización de los frentes oceánicos en el área de estudio, (Hurdle, 1986).	19
Figura 8.- Localización de las estaciones de muestreo y núcleos estudiados.	22
Figura 9.- Frecuencias de Densidad de radiolarios a) y Material Grueso b), mayor a 40 μm y libre de carbonatos, en muestras superficiales	30
Figura 10.- Representación gráfica de la prueba estadística de Olmstead - Tukey.	32
Figura 11.- Distribución geográfica de las abundancias relativas (%) de las especies. a) <i>Amphimelissa setosa</i> y b) <i>Botryocyrtis platycephala</i> .	33

Figura 12.- Distribución geográfica de las abundancias relativas (%) de las especies. a) <i>Cycladophora davisiana</i> y b) <i>Pseudodictyophimus gracilipes</i> , <i>Artostrobos joergenseni</i> , <i>Cromyechinus borealis</i> y <i>Echinomma leptodermum</i>	35
Figura 13.- Distribución geográfica de las de las abundancias relativas (%) de las especies a) <i>Artobotrys borealis</i> y b) <i>Lithelius spiralis</i>	36
Figura 14.- Localización de las estaciones en el análisis multivariado gráfico	37
Figura 15.- Distribución geográfica del a) Factor 1 "Aguas árticas" y b) Factor 2 "AguasSubárticas", definidos mediante análisis de factores en su modo "Q"	39
Figura 16.- "Afinidad" de las especies <i>Amphimelissa setosa</i> a) y <i>Botryocyrtis platycephala</i> b), con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q", en muestras superficiales.	40
Figura 17.- "Afinidad" de las especies <i>Cycladophora davisiana</i> a) y <i>Lithelius spiralis</i> b), con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q" en muestras superficiales.	42
Figura 18.- Distribución geográfica del Factor 3 "Agua subpolar", definido mediante análisis de factores en su modo "Q".	43
Figura 19.- Registro estratigráfico de $\delta^{18}\text{O}$ a), Porcentaje del material grueso b) y Densidad de radiolarios c), en el núcleo 23352-2.	45
Figura 20.- Distribución estratigráfica del Material Grueso a) y Densidad de radiolarios b), en el núcleo 21852-1	46
Figura 21.- Distribución estratigráfica del Material Grueso a) y Densidad de radiolarios b), en el núcleo 21910-1	48

Figura 22.- Distribución estratigráfica del Material Grueso a) y Densidad de radiolarios b), en el núcleo 21914-4	49
Figura 23.- Distribución estratigráfica de los Factores en el núcleo 21852-1. a) Factor 1 "Agua ártica", b) Factor 2 "Agua subártica" y c) Factor 3 "Aguas subpolares".	50
Figura 24.- Distribución estratigráfica de los Factores en el núcleo 21910-1. a) Factor 1 "Agua ártica", b) Factor 2 "Agua subártica" y c) Factor 3 "Aguas subpolares".	51
Figura 25.- Distribución estratigráfica de los Factores en el núcleo 21914-4. a) Factor 1 "Agua ártica", b) Factor 2 "Agua subártica" y c) Factor 3 "Aguas subpolares"	52
Figura 26.- Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies a) <i>Amphimelissa setosa</i> , b) <i>Botryocyrtils platycephala</i> , c) <i>Artobotrys borealis</i> , d) <i>Lithelius spiralis</i> y e) <i>Cycladophora davisiana</i> en el núcleo 21852-1	54
Figura 27.- Distribución estratigráfica de la abundancia relativa de las especies a) <i>Amphimelissa setosa</i> , b) <i>Botryocyrtils platycephala</i> , c) <i>Artobotrys borealis</i> , d) <i>Lithelius spiralis</i> y e) <i>Cycladophora davisiana</i> en el núcleo 21910-1	55
Figura 28.- Distribución estratigráfica de la abundancia relativa de las especies a) <i>Amphimelissa setosa</i> , b) <i>Botryocyrtils platycephala</i> , c) <i>Artobotrys borealis</i> , d) <i>Lithelius spiralis</i> y e) <i>Cycladophora davisiana</i> en el núcleo 21914-4.	56
Figura 29.- Localización de las muestras de núcleo en el análisis multivariado gráfico	57
Figura 30.- Afinidad de las especies a) <i>Amphimelissa setosa</i> y b) <i>Botryocyrtils platycephala</i> con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q" en muestras de núcleo.	58
Figura 31.- Distribución de las especies a) <i>Cycladophora davisiana</i> , b) <i>Artobotrys borealis</i> y c) <i>Lithelius spiralis</i> , en el análisis multivariado gráfico con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q" en muestras de núcleo.	59

ANEXOS

- Anexo I.- Localización y parámetros fisicoquímicos superficiales las estaciones de muestreo.**
- Anexo II.- Porcentajes de sedimentos finos y gruesos en las muestras superficiales.**
- Anexo III.- Abundancias absolutas y Densidad de radiolarios obtenidas por estación.**
- Anexo IV.- Lista faunística.**
- Anexo V.- Datos utilizados en la prueba estadística de Olmstead y Tukey.**
- Anexo VI.- Resultados del análisis de factores en su modo "Q" en muestras superficiales.**
- Anexo VII.- Localización de los núcleos estudiados.**
- Anexo VIII.- Porcentajes de sedimentos finos y gruesos de los núcleos estudiados.**
- Anexo IX.- Abundancias relativas y Densidad de radiolarios obtenidas por núcleo.**
- Anexo X.- Resultados del análisis de factores en su modo "Q" de las muestras de núcleo.**

RESUMEN

Con la finalidad de contribuir al conocimiento de la oceanografía de los mares nórdicos (Mar de Groenlandia, Mar de Islandia y Mar de Noruega) durante el Holoceno, se estudiaron micropaleontológicamente y "sedimentológicamente" 37 muestras de sedimento superficial y 3 núcleos. Estas muestras fueron obtenidas entre los paralelos 60° - 78° N y los meridianos 20° W - 10° E, durante la campaña oceanográfica ARC-IV a bordo del B/O "Polarstern" de la República Federal Alemana. La distribución geográfica y estratigráfica de los radiolarios permitió definir tres regiones climático-oceanográficas. La primera de ellas, denominada "Agua ártica", se localiza principalmente en sedimentos depositados bajo la influencia de la mezcla de aguas Polares y Atlánticas. La especie que define mejor esta región es *Amphimelissa setosa* (Cleve). La segunda región, llamada "aguas subárticas" se definió al centro del área de estudio y aparentemente no tiene especies representativas; aunque *Botryocyrtis platycephala* (Ehrenberg) y *Cycladophora davisiana* Ehrenberg están presentes en la zona donde se localiza este factor. La tercera región, nombrada "Aguas subpolares" se define en zonas influenciadas por los hielos. La especie común en esta región es *Lithelius spiralis* Haeckel. Tomando en cuenta que el aumento y disminución de los componentes sedimentarios considerados en este trabajo, reflejan la dinámica oceanográfica del área de estudio, se hicieron algunas inferencias paleoceanográficas sobre el Holoceno. Enmarcando una etapa "cálida" al inicio del Holoceno, que perduró hasta la Cronozona Atlántica hace 5,000 años. Posteriormente, a partir de la Cronozona Suboreal se registró una variación en el clima.

I. INTRODUCCION

La estrecha relación que existe entre la atmósfera y el océano involucra una serie de interacciones físicas, químicas y biológicas que definen regiones climáticas dentro del planeta. Una de estas regiones es la nórdica, la cual se encuentra cubierta por hielo gran parte del año (Dietrich, 1980). Tal característica influye significativamente en la dinámica global de los océanos, particularmente en: 1) la circulación termohalina, que es la circulación originada por cambios de salinidad y temperatura, 2) la formación de masas de agua profunda que ocupan la parte inferior de las cuencas oceánicas 3) la variación en el nivel del mar y 4) las modificaciones en la temperatura global (Bowen, 1978; Ingmanson y Wallace, 1985; Stowe, 1987).

La importancia que tiene el efectuar trabajos en los mares nórdicos es que a través de ellos se puede dar respuesta a cuestiones sobre el clima. De esta forma se pueden complementar estudios climáticos con carácter mundial y aportar información de sucesos que repercuten en latitudes menores, por ejemplo la relación que existe entre el volumen del hielo en los polos y los niveles eustáticos del mar en los trópicos.

Sin embargo, los mares nórdicos no han sido muy estudiados debido a la presencia de grandes extensiones de hielo durante la mayor parte del año, así como por el constante movimiento de los icebergs. Por ello se tuvo que esperar a que el avance de la tecnología permitiera el acceso a estas regiones, siendo el D/V GLOMAR CHALLENGER en 1974, el primer barco en obtener sedimentos marinos profundos del Artico (Bjorklund, 1976; Mienert *et al.*, 1992).

Los estudios paleoceanográficos en los mares de Groenlandia, Islandia y Noruega han sido muy relevantes, ya que han mostrado una dinámica oceanográfica muy

diferente en el pasado. Por ejemplo, algunos autores como Goll y Bjorklund (1985), han evidenciado la migración de una especie de radiolarios (*Nephrospyris knutheieri*) que actualmente es endémica de los mares de Groenlandia y Noruega, desde el Pacífico Norte (vía el Océano Artico) hasta los mares nórdicos. Esta migración quizás fue dada por una variación en el clima, provocada por la penetración hacia el norte de aguas templadas provenientes del Atlántico Norte, lo cual alteró la hidrografía ártica, permitiendo el acceso a la especie.

Otros autores han observado, variaciones del clima en el Artico. Nalan y Schrader (1990) mencionan que el calentamiento reciente de las aguas superficiales de esta región, se inició hace aproximadamente 10, 000 años; disminuyendo posteriormente sus temperaturas a fines del Holoceno. Molina-Cruz (1991), propone un aumento en la temperatura del Mar de Islandia durante la primera mitad del Holoceno, congruente con el retroceso de la capa de hielo.

Dichos trabajos, sin embargo, han dejado muchas incógnitas al respecto. Así por ejemplo: ¿Hasta que latitud retrocedieron los hielos?, ¿Fue tal el calentamiento que permitió realmente la conexión de los mares de Groenlandia, Noruega e Islandia con el Pacífico Norte?, ¿Cómo es que estos hechos tienen influencia en la dinámica oceánica de dichos mares?

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente este trabajo tiene como finalidad principal, contribuir al conocimiento de la oceanografía de los mares nórdicos, en especial a la de los Mares de Groenlandia, Islandia y Noruega durante el Holoceno. Tal propósito se llevará a cabo a través del estudio de radiolarios, (Orden Polycystina), con lo cual se pretende:

- Establecer un marco de referencia sedimentológico-oceanográfico de los mares nórdicos.
- Evidenciar mediante el análisis sedimentológico-micropaleontológico algunas variaciones climáticas que se presentaron durante el Holoceno.
- Particularmente, analizar la distribución geográfica y estratigráfica de los radiolarios en los sedimentos, para inferir variaciones climático-oceanográficas observadas durante los últimos 10 000 años.

II. ANTECEDENTES

GENERALIDADES

Debido al difícil acceso a través de los hielos de los mares nórdicos, es hasta los años 70's cuando se inician los estudios en estas regiones. Uno de los primeros trabajos sobre radiolarios es el de Petrushevskaya y Bjorklund (1974); quienes definen la distribución de 11 especies de radiolarios en sedimentos holocénicos.

Kellogg (1976), analiza la fauna de foraminíferos planctónicos y los tipos de sedimentos de 29 núcleos; proporcionando datos climáticos de los últimos 150,000 años. Bjorklund (1976), establece la estratigrafía del Terciario, con base en el estudio de los radiolarios presentes en los sedimentos. Bjorklund y Swanberg (1987), distinguen la distribución de dos morfotipos del radiolario *Amphimelissa setosa* y su relación con la distribución de temperatura y productividad del ambiente.

Se han efectuado además, algunos estudios sedimentológicos como el de Mienert *et al.* (1992), quien propone que la variación en la tasa de sedimentación de la costa Este de Groenlandia es controlada por el avance y retroceso de las glaciaciones, las planicies de hielo y la circulación de agua superficial, desde la última glaciación hasta el Reciente. Paetsch *et al.* (1992), cuantificaron el proceso de sedimentación por medio de radionuclidos.

Existen también trabajos que han recopilado diferentes tópicos oceanográficos, geológicos, paleoceanográficos, descriptivos etc., que caracterizan a la región de los mares nórdicos. Entre ellos están el de Hurdle (1986) y el de Bleil y Thiede (1990).

Son pocos los trabajos sobre radiolarios de los mares nórdicos y aún menos los enfocados en el Holoceno; por ello, autores como Bjorklund (1976) y Molina-Cruz (1991), consideran a la región como una zona "virgen" para este tipo de estudios. De aquí que la información obtenida en este trabajo pretenda ser una contribución trascendente.

LOS RADIOLARIOS

Entre los organismos marinos que constituyen al plancton se encuentran los radiolarios. Este grupo se distingue de otros protistas por tener una cápsula central perforada que divide al citoplasma en dos capas (interna y externa) y un esqueleto formado por sílice (Pokorny, 1963; Casey, 1977; Goll y Merinfeld, 1979).

Una de las ventajas que tienen los radiolarios con respecto a otros microfósiles para estudios micropaleontológicos, es que su esqueleto silíceo se preserva generalmente por estar protegido por el citoplasma, resultando una gran abundancia de ellos en el sedimento. Los radiolarios son susceptibles a cambios climáticos y puesto que son planctónicos, tienen una amplia distribución geográfica. De aquí, que sea un grupo muy utilizado para efectuar estudios bioestratigráficos, paleoceanográficos y paleoecológicos (Casey, 1977).

Por otro lado la disolución de los restos de radiolarios no está en función de la profundidad y temperatura del fondo del mar (Casey, 1977; Kling, 1978), como es el caso de los organismos cuyo esqueleto es de carbonato de calcio.

El grupo de radiolarios más utilizado en micropaleontología es el de los policystinos; los cuales se dividen a su vez, en dos grandes ramas: 1) Los espumelarios (Suborden Spumellaria), que presentan una simetría radial y 2) los naselarios (Suborden Nasellaria), con simetría bilateral. Ambas formas son comunmente encontradas, tanto en el plancton como en el sedimento. (Bjorklund, 1976; Goll y Merinfeld, 1979; Kling, 1978).

Debido a su reconocido atributo de ser indicadores paleoclimáticos, y a que su distribución geográfica es amplia, se eligió a este grupo para efectuar el estudio micropaleontológico, considerando también, que su presencia ha sido reportada en los mares nórdicos.

III. AREA DE ESTUDIO

GENERALIDADES

Los mares nórdicos se encuentran en una región de temperaturas bajas, casi permanentemente cubierta por hielo. Debido a que su capa de Hielo experimenta incursiones de corrientes oceánicas relativamente más calientes de latitudes bajas, se derrite y retrocede, modificando notoriamente el ambiente climático-oceanográfico de la región. Dichos cambios climáticos influyen, entre otras cosas en el carácter sedimentológico, en el mantenimiento de habitats y en la dinámica oceanográfica ocasionando que los mares nórdicos presenten una gran sensibilidad a los cambios climáticos (Kellogg, 1976; Swift, 1986).

La zona de estudio de este trabajo se encuentra delimitada entre los paralelos 68° y 78°N y entre los meridianos 10°E y 20°W. Esta zona comprende parte de la Cuenca de Groenlandia, cuyo límite continental más próximo, es Groenlandia al W, abarcando además parte de los Mares de Groenlandia, Noruega e Islandia (Fig.1).

Dentro del área, se ubica hacia el Norte, las cuencas Boreas y Groenlandia. Hacia el Oeste, el área esta limitada con la plataforma continental de Groenlandia y hacia el Sur y el Este, abarca parte de los sistemas montañosos marinos (Mhons, Knipovitch, Jean Mayen y Kolbelnsey), los cuales son continuación de la dorsal mesoatlántica. Existen además en el área algunas zonas de Fractura, siendo las principales la de Jean Mayen y Groenlandia. (Perry *et al.*, 1980; Perry, 1986)

Los rasgos fisiográficos antes mencionados configuran una batimetría muy complicada. Sin embargo, de una manera general se observa que la plataforma continental de Groenlandia presenta profundidades entre 100 y 300 m, su talud comprende profundidades entre 400 - 3000 m y las mayores profundidades varían entre 3200 y 3700 m (Fig.2).

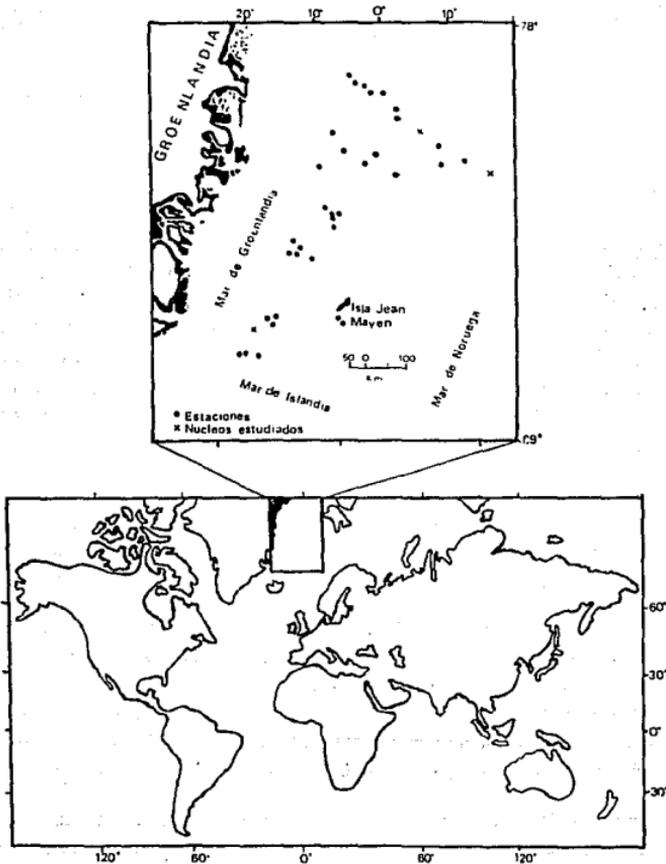


Figura 1.- Ubicación del área de estudio.

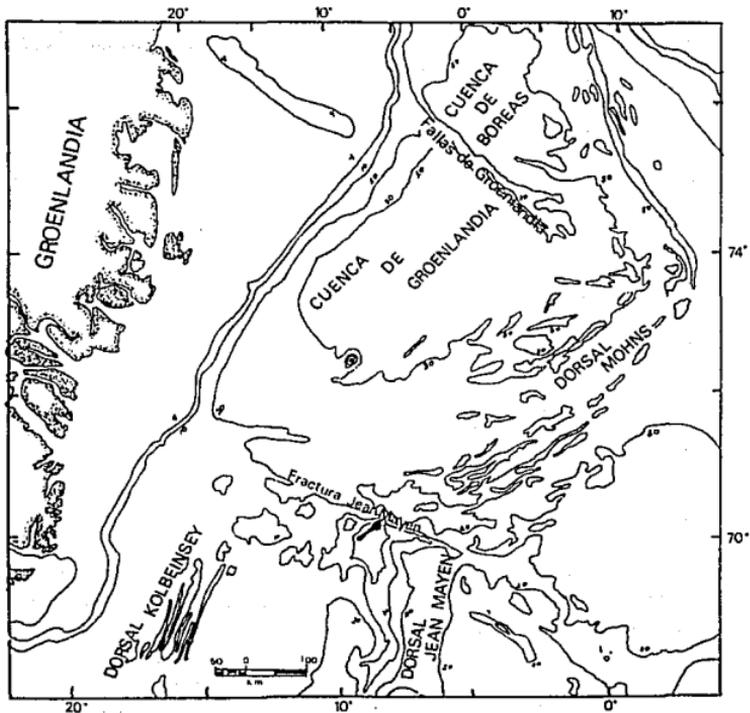


Figura 2.- Rasgos fisiográficos y Batimetría del área de estudio, las isolíneas representan metros x 100, (Perry *et al.*, 1980).

En general, han sido tres los tipos de componentes definidos en el sistema sedimentario que existe en el área de estudio, estos son:

- A) Material terrígeno "glaciar-marino".
- B) Material terrígeno "detrítico o de escurrimiento"
- C) Material biogénico constituido principalmente por tecas de foraminíferos (Kellogg, 1976).

La distribución de los tres tipos de materiales dentro del área de estudio se puede observar en la Figura 3.

Varios autores coinciden en que el aporte de material terrígeno al área de estudio se debe principalmente a dos vías. La primera de ellas es por escurrimiento pluvial y fluvial hasta el mar, donde son transportados y distribuidos por las corrientes a toda la zona (Mienert *et al.*, 1992; Kellogg, 1976; Paetsch *et al.*, 1992; Henrich *et al.*, 1989). La segunda se debe a la presencia constante de iceberg que acarrear y liberan al derretirse, material terrígeno derivado de la erosión del continente. (Kellogg, 1976; Kennett, 1985; Paetsch, 1992).

El aporte del material biogénico, se encuentra relacionado con la productividad del agua superficial, la cual a su vez, se encuentra relacionada con la circulación de las aguas superficiales. (Kellogg, 1976; Paetsch *et al.*, 1992).

Se ha observado en el registro de la temperatura superficial anual, que los mares nórdicos, presentan un rango entre 3.00 y 8.00 °C durante 5 meses del año (Enero-Mayo), comenzando a incrementar sus valores de Junio a Agosto, con un máximo de temperatura de 12.00 °C. De Septiembre a Diciembre la temperatura decrece nuevamente (Gathman, 1986).

Este comportamiento de temperatura, puede variar localmente a través del año, por estar relacionado con las corrientes que acarrear calor de regiones ecuatoriales hacia altas latitudes. De esta forma se tiene que, en el área de estudio la temperatura

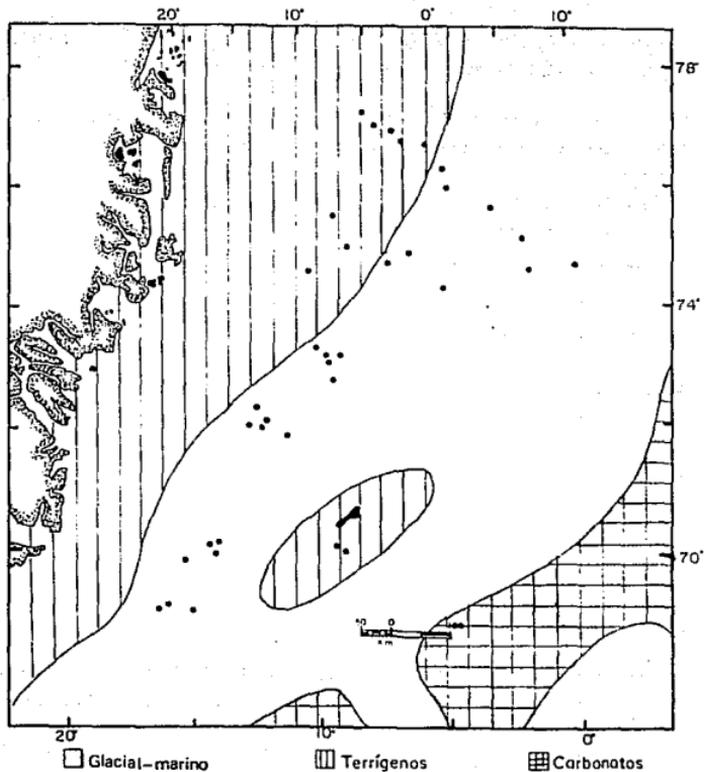


Figura 3.- Distribución de los tres tipos de sedimentos en el área de estudio (modificado de Kellogg, 1976 y Paetsch *et al.*, 1992).

superficial oscila entre los 9.00 a -1.00 °C aproximadamente; observándose las temperaturas más bajas hacia el continente (Fig.4 y Anexo I).

La salinidad superficial, no presenta una variación tan marcada como la temperatura en los mares nórdicos, observándose un ligero desplazamiento hacia el Sur de la isohalina 35.00 ‰ durante el invierno. Swift (1986) menciona que aunque la salinidad es casi la misma durante todo el año, algunas regiones de los mares de Groenlandia e Islandia, pueden ser más salinas en verano que en invierno por tener una mayor influencia de las aguas árticas.

En el área de estudio la salinidad observada se encuentra entre los 34.00 ‰ a 35.10 ‰ disminuyendo sus valores hacia el continente (Fig. 5 y Anexo I).

MASAS DE AGUA Y CIRCULACION.

Las principales masas de agua superficial que existen según Johannessen (1986), en el área de estudio, son las siguientes:

Agua polar (PW) - Se caracteriza por tener un rango de temperatura entre -1.50 a 0.00 °C y salinidades de 30.00 a 34.40 ‰.

Agua Atlántica (AW) - Presenta temperaturas de 3.00 a 8.00 °C y salinidades por lo menos de 35.00 ‰

Agua Superficial Artica (ASW) - Se forma por la mezcla de las masas de agua PW y AW. Tiene temperaturas de 1.00 a 6.00 °C y salinidades de 34.50 a 34.90 ‰

Agua Intermedia Artica (AIW) - Sus rangos de temperatura varían entre los 0.00 y 2.00 °C, con salinidades de 34.80 a 35.00 ‰.

La circulación superficial en los mares nórdicos consiste en general de un gran giro ciclónico (Johannessen, 1986), causado por el movimiento de agua polar (PW) hacia el Sur por la Corriente Oriental de Groenlandia y el movimiento hacia el Norte del agua atlántica (AW) por la Corriente de Noruega. Ambos movimientos

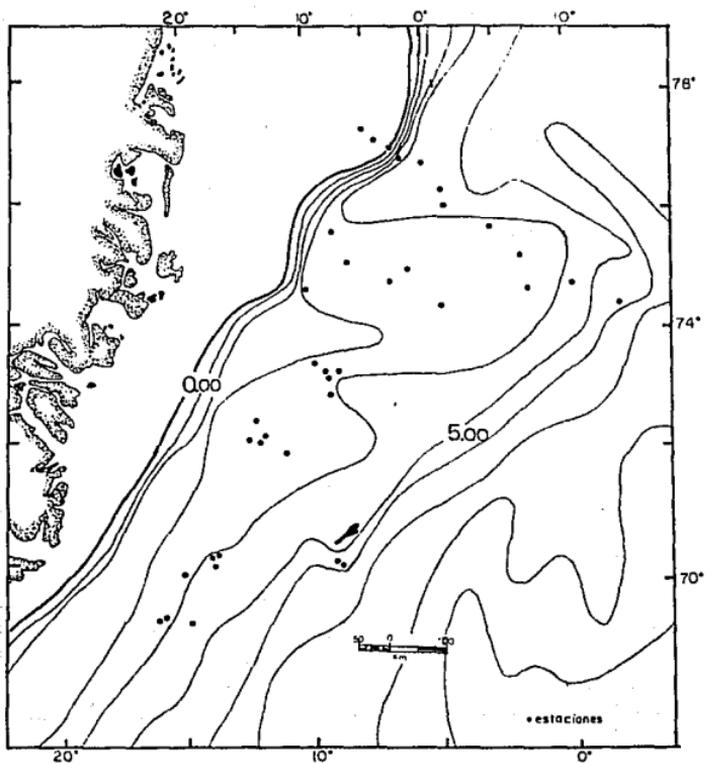


Figura 4.- Distribución geográfica de la temperatura superficial (°C), en el área de estudio (Johannessen, 1986).

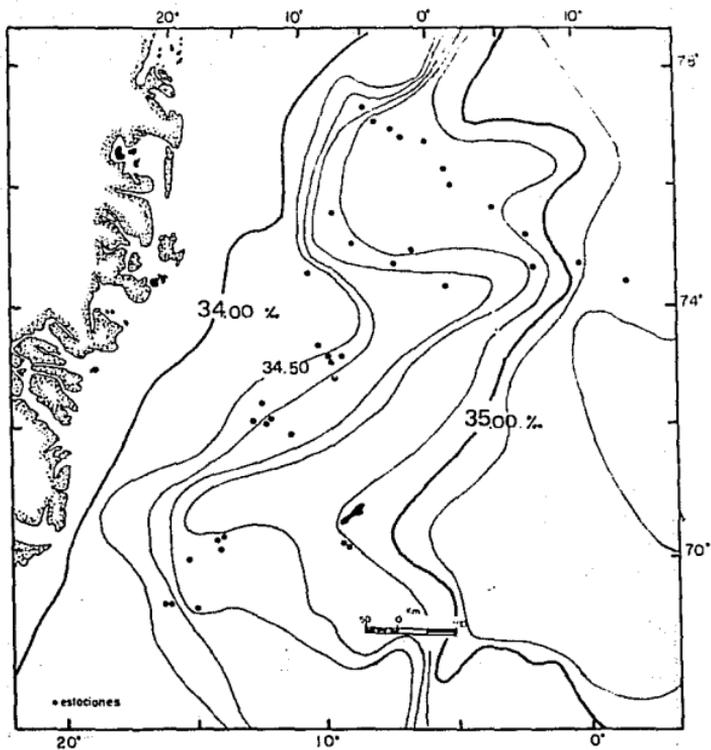


Figura 5.- Salinidad superficial (‰), en el área de estudio (Johannessen, 1986).

dan origen a la Corriente de Jean Mayen que acarrea agua ártica (ASW) formada por la mezcla de (PW) y (AW) (Swift, 1986) (Fig.6).

Otra corriente importante en el área de estudio es la Corriente Oriental de Islandia la cual se origina a partir de la Corriente Polar de Groenlandia que se ramifica al Sur de la Isla de Jean Mayen. (Johannessen, 1986; Henrich *et al.*, 1989; Molina-Cruz, 1991) (Fig.6).

FRENTES OCEANICOS

El encuentro entre corrientes frías y templadas dentro del área de estudio, da origen al Frente Artico y al Frente Polar, ambos frentes pueden definirse durante todo el año, aunque su posición geográfica puede variar, por los cambios climáticos estacionales.

El Frente Artico, se define principalmente al noreste de la isla de Jean Mayen, siguiendo la misma dirección de la dorsal de Mohs. Este Frente separa la dominancia de características árticas de las atlánticas (Hurdle,1986; Swift,1986; Molina-Cruz,1991) (Fig.7)

Johannessen (1986) menciona que el Frente Artico presenta un control sobre la extensión de la capa de hielo durante el invierno. Si el hielo es forzado por el viento a cruzar dicho límite, éste se derrite por la diferencia de temperatura que tienen las masas de agua provenientes de otras latitudes.

El Frente Polar, también conocido como Frente Oriental de Groenlandia, se define claramente donde las aguas polares de la Corriente de Groenlandia encuentran aguas templadas de la Corriente de Noruega. Esto ocurre generalmente cerca de la capa de hielo permanente y da origen a la formación de agua ártica (Hurdle,1986; Swift,1986; Molina-Cruz,1991) (Fig.7).

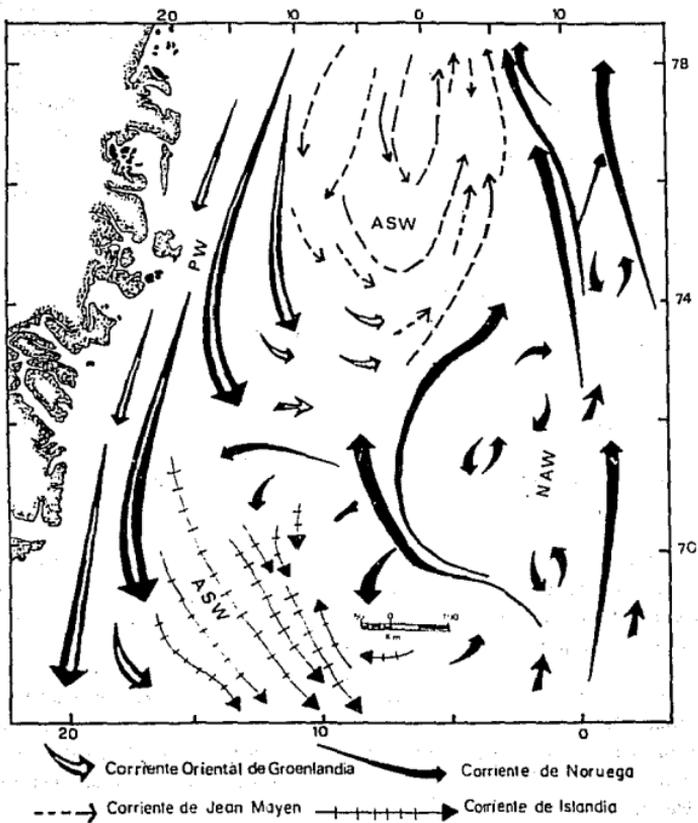


Figura 6.- Masas de agua y circulación superficial en el área de estudio (modificado de Johannessen, 1986 y Swift, 1986).

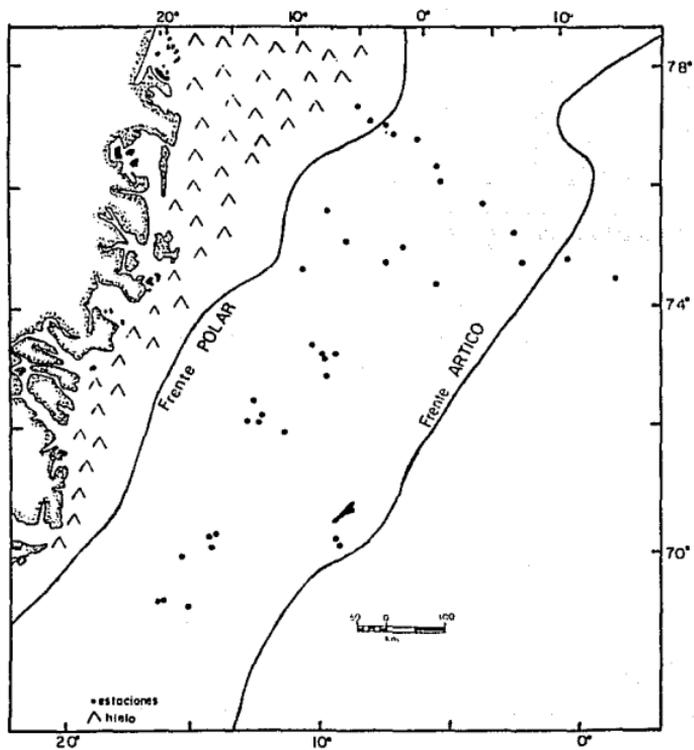


Figura 7.- Localización de los frentes oceánicos en el área de estudio (Hurdle, 1986).

IV. MATERIALES Y METODOS

Las muestras de sedimento utilizadas para el desarrollo de este trabajo, fueron colectadas por el Dr. Adolfo Molina Cruz, durante la campaña oceanográfica Arc-IV, a bordo del B/O "Polarstern" y forman parte del proyecto "ARTICO", encabezado por instituciones académicas de la República Federal Alemana.

TRABAJO DE CAMPO

Se consideraron 37 estaciones de muestreo dentro del área de estudio, cuya localización se puede observar en la Fig. 8 y Anexo I. La colecta del sedimento se llevó a cabo por medio de un nucleador de caja tipo "Reineck" (Reineck 1958,1963). En general este tipo de nucleador se utiliza para obtener muestras profundas sin sobrepenetrar la interfase agua-suelo marino (Holme y Mc Intyre, 1984), por lo que es posible tomar muestras superficiales sin perturbar dicha capa.

La obtención de muestras se realizó de la siguiente manera: una vez que el nucleador se encontraba en la cubierta del barco, se tomó la muestra superficial con una espátula colocándola en frascos de aproximadamente 250 ml. Al destapar uno de los lados del nucleador, el núcleo se subdividió en intervalos de 1 cm; tomándose de cada nivel 10 ml de sedimento con jeringas, las cuales se taparon y se colocaron en bolsas de plástico. Ambos recipientes previamente etiquetados.

TRABAJO DE LABORATORIO

Para hacer las observaciones al microscopio se utilizaron, en general, los métodos propuestos por Molina-Cruz (1979) y Roelofs y Pisiás (1986). A continuación se describen los procedimientos seguidos.

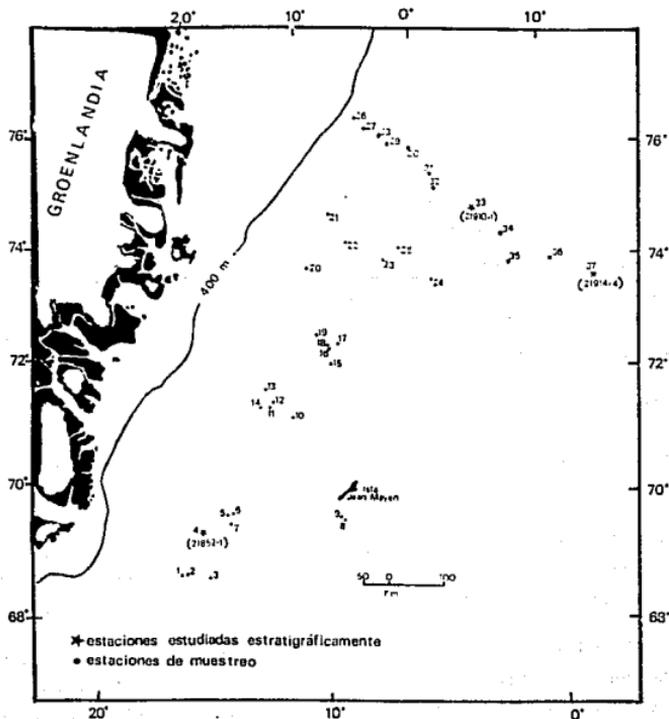


Figura 8.- Localización de las estaciones de muestreo y núcleos estudiados. Obsérvese que la estación 4 corresponde al núcleo 21852-2, la estación 33 al núcleo 21910-1 y la estación 37 al núcleo 21914-4.

PREPARACION DE MUESTRAS.

Inicialmente, las muestras se secan en un horno a 60°C, para eliminar la humedad y obtener el peso seco total de la muestra.

Mediante una balanza analítica, se pesan: la muestra seca, el vaso que la contenía sin lavar y el vaso ya lavado y seco. Esto con el fin de considerar la cantidad de muestra realmente utilizada en el análisis, ya que parte de la muestra original se pierde en las paredes del recipiente.

Para separar los radiolarios de las arcillas, la muestra se coloca en un vaso de precipitado de 500 ml, se le agregan 50 ml de agua, dejándola remojar un poco para que se disgregue y se coloca sobre una plancha a 200 °C.

Una vez que la muestra esta hidratada y alcanza la temperatura deseada, se le agrega poco a poco 25 ml de ácido clorhídrico (HCL) al 100 % y 50 ml de peróxido de hidrógeno (H₂O₂), con el fin de disolver los carbonatos y eliminar la materia orgánica. Se afora el vaso a su volumen total con agua corriente y se deja enfriar.

Se lava y tamiza la muestra mediante una malla de 40µm con agua corriente, vertiendo al recipiente original, previamente lavado, la fracción retenida en la malla; es decir la fracción mayor a las 40 µm. Se vuelve a secar la muestra en el horno a la temperatura antes mencionada, para registrar el peso seco de la muestra tamizada.

PREPARACION DE PLACAS MICROPALÉONTOLOGICAS.

Se registra nuevamente el peso del recipiente conteniendo a la muestra lavada, se toma con una espátula una "pequeña fracción" de la muestra y se registra el peso del material que quedo en el recipiente, para evaluar posteriormente el peso de la fracción utilizada para preparar el portaobjetos.

Esta "pequeña fracción" se coloca en un medio de depósito, elaborado con un vaso de precipitado de 1000 ml (etiquetado con el número de núcleo

correspondiente). 600 ml de agua y 2 portaobjetos previamente etiquetados. Los portaobjetos se colocan sobre una base anular para poder extraerlos posteriormente en posición horizontal y sin perturbar las partículas sedimentarias.

Con un sifón elaborado con un matríz Erlenmeyer de 1000 ml, un tapón de hule y 2 mangueras se vació gota a gota el agua del vaso de precipitado, de tal manera que los portaobjetos quedan libres del agua.

Los portaobjetos se secaron en una plancha a 100  C y se fijó la muestra con bálsamo de canadá y un cubreobjetos. Se dejan secar para posteriormente efectuar el conteo de organismos.

DETERMINACION Y CONTEO DE ORGANISMOS

Para contar a los organismos en cada portaobjetos, se utilizó un microscopio óptico (Zeiss) y los objetivos de 16x y 20x (Plan 16/0.35 y F-LD 20/0.25).

El conteo de taxones, se efectuó revisando la placa de lado a lado, considerando el número de individuos que existen por cada especie identificada. Se "barrió" el portaobjetos hasta contar 300 organismos en total (que de acuerdo a Sachs 1973, es una muestra representativa de la población) o bien hasta terminar de revisar toda la placa.

Si en una placa no se obtuvo el número de organismos requerido, pero se contaron 50 o más, se procedió a contar su replica (placa B). De no ocurrir esto, se consideró que la población de radiolarios no es representativa para ser utilizada en evaluaciones cuantitativas posteriores.

La identificación de especies se llevó a cabo por comparación; es decir, revisando las diagn sis e ilustraciones en publicaciones especializadas.

MANEJO DE DATOS

Para obtener el porcentaje de sedimentos "gruesos" (mayores a 40 μm) y "finos" (menores a 40 μm) en cada muestra, se utilizaron 4 pesos:

- 1) El peso de la muestra seca más el peso del vaso que la contiene. (PMS)
- 2) El peso del vaso sucio que contuvo a la muestra (PVS)
- 3) El peso del vaso limpio (PVL)
- 4) El peso de la muestra lavada, tamizada y seca, más el peso del vaso que la contiene (PMVL).

Posteriormente se evaluaron los siguientes parámetros:

Peso Total de la Muestra (A) = PMS - PVS

Peso Total de la Muestra lavada, tamizada y seca

ó Material grueso. (B) = PMVL - PVL

Peso del Material Fino. (C) = A - B

Por consiguiente:

% de material lavado, tamizado y seco (grueso) = $B * 100 / A$

% de material fino = $C * 100 / A$

La Abundancia Absoluta de radiolarios (organismos por estación) se obtuvo por medio del conteo de taxones en cada uno de los núcleos.

La "densidad" de radiolarios (organismos por 1g de sedimento seco, mayor a 40 m y libre de carbonatos) en cada estación, se estimó siguiendo adecuadamente el método propuesto por Roelofs y Pisias (1986) y el método de Molina-Cruz (1979).

De una manera general este consiste en calcular el número de radiolarios que hay por placa y obtener posteriormente con ese dato, el número de radiolarios existentes

en el peso de muestra utilizada para elaborar dicha placa. Finalmente, llevar el resultado a un gramo de sedimento. La fórmula general es la siguiente:

$$\text{Densidad (org/g)} = AV * ni / AC * PU$$

donde:

AV = Area del vaso de precipitado utilizado en el medio de depósito. Esta área equivale por lo general a una constante (en este caso = 8171.28 mm²).

ni = Número de individuos contados por especie en cada placa.

AC = Area total del cubreobjetos ó bien del área donde se contaron los 300 radiolarios.

PU = Peso del sedimento utilizado en la elaboración de cada placa micropaleontológica.

ANALISIS ESTADISTICOS UTILIZADOS

Con el fin de establecer la importancia relativa de las especies, se utilizó la prueba de Asociación de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1969), la cual agrupa gráficamente en cuatro cuadrantes a las especies con características similares de abundancia y frecuencia. En esta prueba, se grafica el porcentaje de la frecuencia de ocurrencia por estación, de las especies, contra la densidad total de cada especie y se calculan las medias aritméticas de cada eje, las cuales al graficarse se cruzan resultando 4 cuadrantes:

- I) Especies abundantes y poco frecuentes.
- II) Especies abundantes y frecuentes.
- III) Especies poco abundantes y frecuentes.
- IV) Especies poco abundantes y poco frecuentes.

Es importante hacer notar que para estandarizar las escalas de los ejes, se obtuvo para el eje Y, el logaritmo de la densidad más la unidad [(log N) + 1].

Para observar los patrones de distribución superficial que presentan las especies de radiolarios encontradas en el área de estudio se tomaron en cuenta los porcentajes las Abundancias Relativas, las cuales fueron calculadas por la fórmula:

$$[\text{No. de org. por especie} / \text{No. Total de org. contados}] * 100$$

Los porcentajes de cada especie encontrada en el cuadrante II (análisis de Olmstead y Tukey) se configuraron en un plano de estaciones.

Para definir la distribución biogeográfica y la dinámica estratigráfica de las especies en los mares de Groenlandia, Islandia y Noruega, se efectuó un Análisis de Factores en su modo "Q", con la ayuda del programa estadístico de computo SYSTAT (versión 5.1, 1991).

El análisis de factores es una técnica multivariada que explica patrones de correlación de un conjunto de variables observadas (datos), en términos de un número menor de variables "latentes", denominadas Factores, (Press, 1972). Esta técnica ha sido utilizada para definir patrones biogeográficos en estudios micropaleontológicos por otros autores (Sancetta, 1979; Molina-Cruz, 1984; Nalan y Schrader 1990). En este estudio las variables observadas corresponden a las abundancias relativas de las especies expresadas en porcentajes por estación. Utilizándose para el análisis un total de 17 especies y 54 estaciones (considerándose los niveles de cada núcleo y eliminando las estaciones que no contenían radiolarios).

Para enmarcar la afinidad de las especies para cada factor, se utilizó el Análisis Multivariado Gráfico (Molina y Martínez; en prensa). Este método consiste en estandarizar los valores de carga de cada factor, llevándolos al 100 %. Posteriormente se grafican en un diagrama ternario, como el utilizado por Shepard (1954) para sedimentos.

Una vez ubicadas las estaciones y los niveles de cada núcleo en el triángulo, se configuran las abundancias relativas de cada especie, trazando isoclinas. Con este diagrama se puede observar la asociación de cada especie por alguno de los factores.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

SEDIMENTOS Y DENSIDAD DE RADIOLARIOS.

Puesto que los sedimentos analizados en este trabajo no solo fueron liberados de carbonatos y materia orgánica, sino también tamizados; granulométricamente, se pueden clasificar en dos tipos: 1) material Grueso, mayor a 40 μm , y 2) material fino, menor a 40 μm . El porcentaje de cada uno de ellos, por estación de muestreo, se puede consultar en el Anexo II.

Si comparamos la distribución de la densidad total de radiolarios (org/g) con el porcentaje del material grueso, se observa una relación inversa (compare Figs. 9a y 9b). Esto puede deberse a dos aspectos importantes: el primero es, las diferencias en el aporte de material que proporcionan los hielo al derretirse en cada localidad del área de estudio (Paetsch *et al.*, 1992) y el segundo es, las diferencias en derretimiento y productividad primaria originadas por la penetración de aguas templadas al área de estudio. Este proceso define también frentes térmicos. (Casey, 1977; Swanberg y Bjorklund, 1987; Swift, 1986).

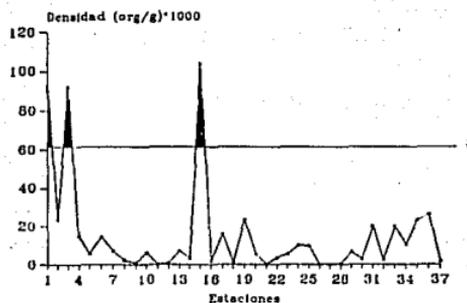
Las figura 9b muestra que los mayores porcentajes de material grueso (40% - 60%) corresponden a densidades menores a 20,000 org/g, dicha correspondencia se observa en las estaciones 7, 9, 17, 26 - 29, 34 y 37 (Anexo III). Estas estaciones se caracterizan por estar contiguas a la capa de hielo, al continente y/o a los sistemas montañosos marinos, que favorecen la acumulación de terrígenos. (Kellogg, 1976; Paetsch *et al.*, 1992), (Fig. 8).

Las densidades de radiolarios más altas se observan en las estaciones 1, 3, 15, (Fig. 9a y Anexo III), las cuales están localizadas relativamente lejos del continente y de los frentes térmicos que determinan el derretimiento del hielo, por

MUESTRAS SUPERFICIALES

a)

DENSIDAD TOTAL DE RADIOLARIOS



b)

Material Grueso (>40µm)

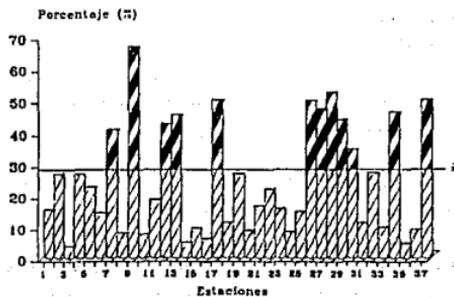


Figura 9.- Frecuencias de Densidad de radiolarios a) y Material Grueso b), mayor a 40 µm y libre de carbonatos, en muestras superficiales.

consiguiente presentan un aporte terrígeno menor (Fig. 8). Ahí se observan valores menores al 20 % de material grueso.

CONTEO DE RADIOLARIOS

El análisis de los portaobjetos micropaleontológicos permitió identificar 7 especies de 4 familias de espumelarios y 10 especies de 7 familias de nasclarios. El listado de las especies identificadas se puede consultar en el Anexo IV.

La Prueba de Olmstead y Tukey (Sokal y Rhoif, 1969), muestra que solo 9 especies son dominantes en el área de estudio. Estas alcanzan la "mayor" frecuencia ($x = 60.25$) y abundancia ($x = 3.26$) (Anexo V y Fig. 10).

Dichas especies se localizan en el Cuadrante II de la figura 4 y son: *Amphimelissa setosa* Cleve 1899, *Artobotys borealis* (Cleve 1899), *Artostrobos joergenseni* Petrushevskaya 1971, *Botryocyrtis platycephala* (Ehrenberg 1872), *Cycladophora davisiana* (Ehrenberg 1862), *Cromechinus borealis* (Cleve 1899), *Echinomna leptodermum* Jorgensen 1900, *Lithelius spiralis* Haeckel 1860, *Pseudodictyophimus gracilipes* (Bailey 1856).

DISTRIBUCION DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS RADIOLARIOS.

Las distribución geográfica de las 9 especies relativamente más abundantes se analiza a continuación:

Amphimelissa setosa, es la especie con la más alta abundancia en el área de estudio. En la figura 11a se pueden observar valores alrededor del 50% hacia el SW de la Isla de Jean Mayen, aunque valores mayores al 20% también se observan hacia el NE de la región, arriba de los 74° N, correspondientes con las isoterma 3.00 - 5.00 °C (Fig.4). Esta especie se encuentra asociada con aguas árticas y es común observarla en sedimentos que se depositan donde las aguas de la Corriente de Groenlandia se mezcla con aguas templadas (Petrushevskaya y Bjorklund, 1974).

PRUEBA DE OLMSTEAD - TUKEY

Muestras Superficiales

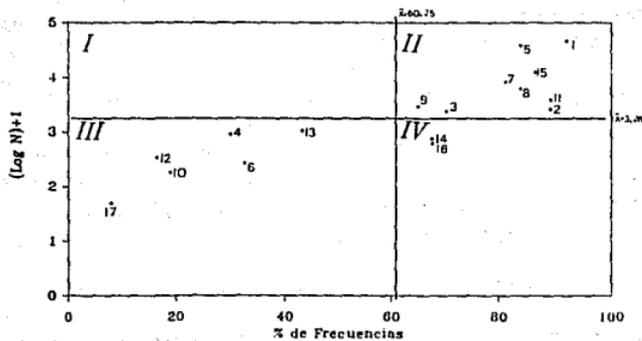


Figura 10.- Representación gráfica de la prueba estadística de Olmstead-Tukey.

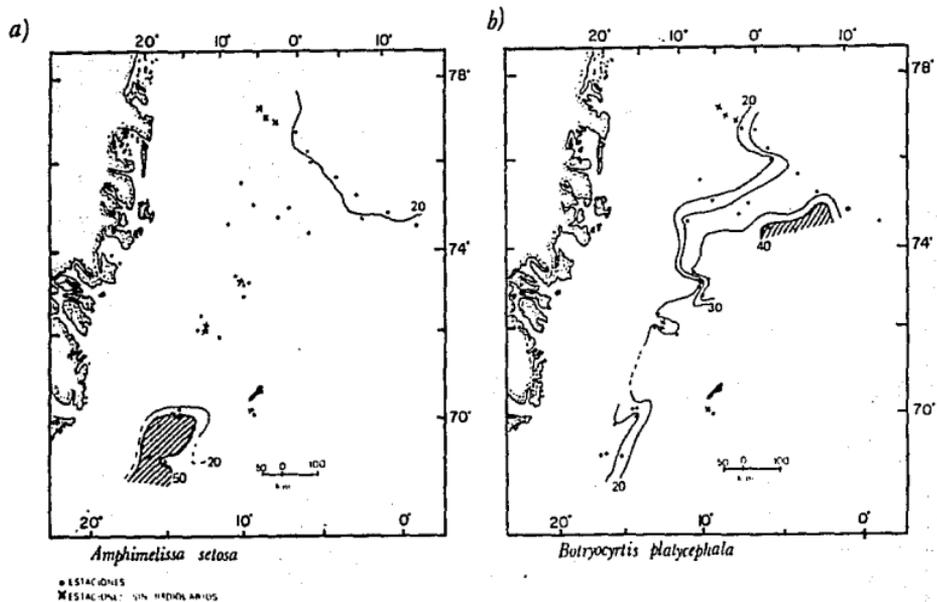


Figura 11.- Distribución geográfica de las abundancias relativas (%) de las especies. a) *Amphimelissa setosa* y b) *Botryocytis platycephala*. Solo han sido considerados los valores mayores para resaltar las áreas de mayor abundancia.

La segunda especie más abundante en los sedimentos árticos es *Botryocyrtis platycephala*. Sus mayores abundancias, alrededor del 40%, se localizan al NE del área de estudio, arriba de los 74° N, coincidiendo con la configuración de las isotermas 3.00 - 4.00 °C (Fig.4) y disminuyendo sus abundancias en dirección al continente (Fig.11b).

La especie *Cycladophora davisiana*, presenta abundancias entre 5% y 10% en la región central del área de estudio (Fig.12a), coincidiendo con la configuración de las isotermas de 3.00 - 4.00 °C (Fig.4). Aparentemente, esta especie no es afectada por los cambios de la superficie de mar (térmicos, salinos etc.) porque habita a profundidades mayores de 200 m (Morley, 1980). Consecuentemente, algunos autores (Abelmann y Gersonde, 1988; Molina-Cruz, 1991) proponen que sus abundancias no solo reflejan cambios en las aguas subsuperficiales sino también incrementos o decrementos de las especies que habitan por arriba del habitat de *C. davisiana*.

Las especies *Artostrobos joergenseni*, *Chromechinus borealis*, *Echinomma leptodermum* y *Pseudodicyctiophimus gracilipes*, no definen un patrón de distribución muy claro, encontrándose en toda el área de estudio con valores de abundancia de 3 a 6 % (Fig. 6b).

Artobotrys borealis y *Lithelius spiralis*, presentan una distribución geográfica en forma de parches, similar entre sí. Sus mayores abundancias se pueden observar hacia el NW del área de estudio donde se mezclan las aguas de deshielo y las árticas (Molina-Cruz 1991), coincidiendo con la distribución de las isotermas 1.00 - 3.00 °C (Fig.4). La primera de ellas alcanza porcentajes entre 6 y 7 %, mientras que la segunda presenta valores de 9 a 18 % (Figs.13a y 13b).

ANÁLISIS DE FACTORES

Los resultados del análisis de factores en su modo "Q", explican un 97.4 % de la varianza total (Anexo VI), sin embargo, la localización de las estaciones en el análisis multivariado gráfico (Fig.14), muestran que solo el Factor I es conspicuo;

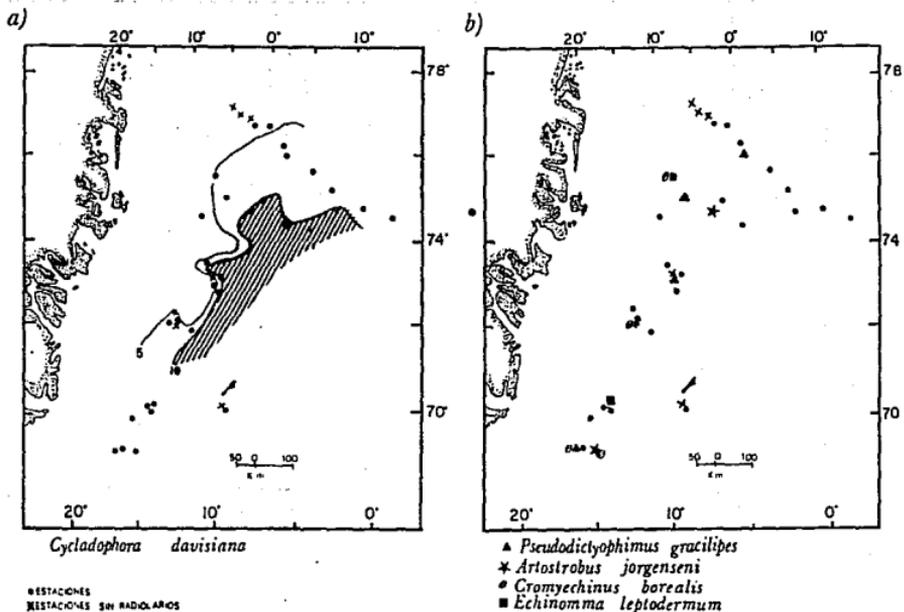


Figura 12.- Distribución geográfica de las abundancias relativas (%) de las especies. a) *Cycladophora davisiana* y b) *Pseudodictyophimus gracilipes*, *Arostrobos joergenseni*, *Cromyechinus borealis* y *Echinomma leptodermum*. Solo han sido considerados los valores mayores para resaltar las áreas de mayor abundancia.

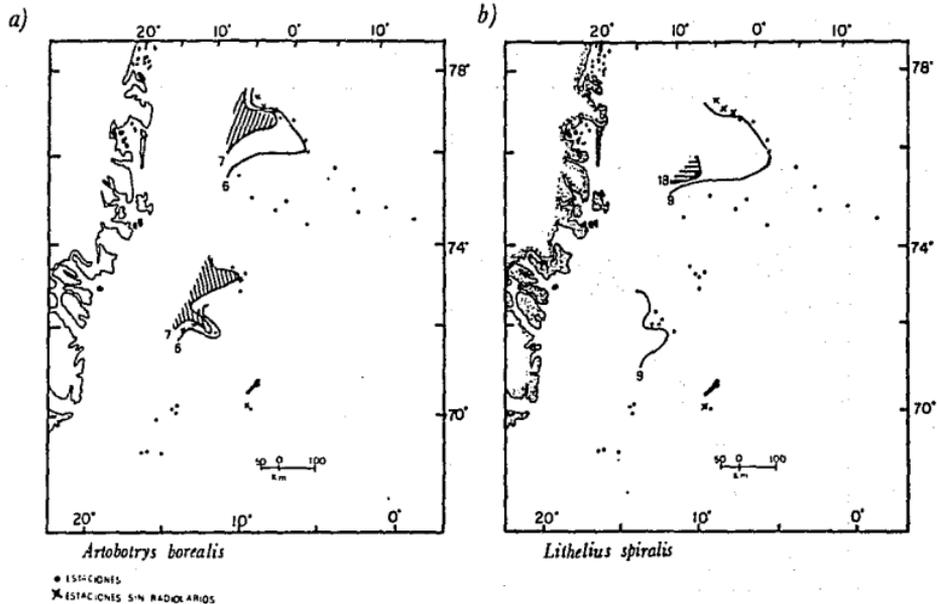


Figura 13.- Distribución geográfica de las de las abundancias relativas (%) de las especies a) *Artobotrys borealis* y b) *Lithelius spiralis*. Solo han sido considerados los valores mayores para resaltar las áreas de mayor abundancia.

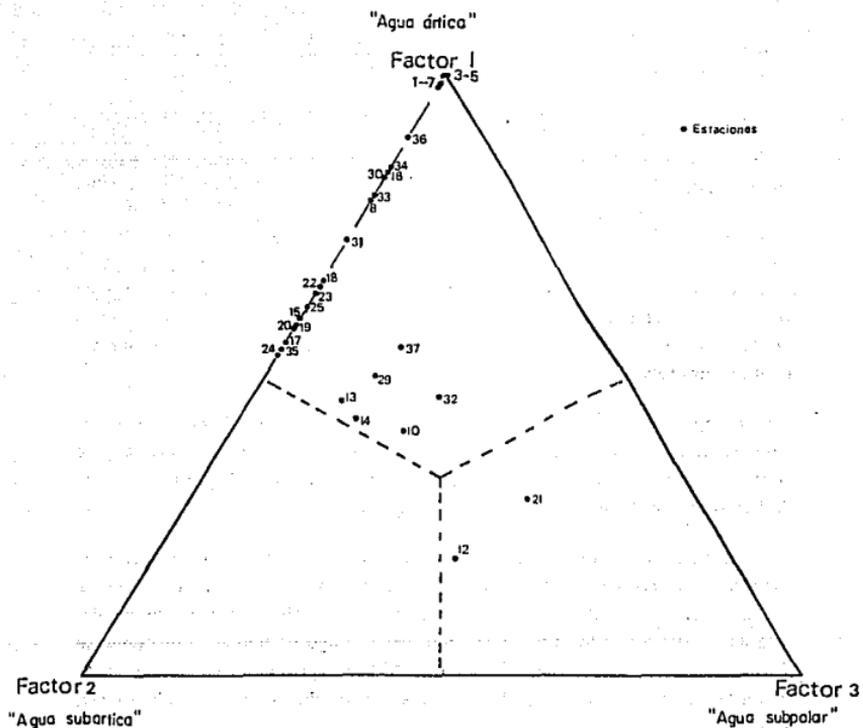


Figura 14.- Localización de las estaciones en el análisis multivariado gráfico.

ya que el Factor 3 contiene dos estaciones unicamente (la 12 y la 21) y el Factor 2 no esta definido claramente por ninguna estación.

Respecto a su distribución geográfica, el Factor 1, denominado en este trabajo "Agua ártica" (Fig. 14), agrupa prácticamente a todas las estaciones, sin embargo se observa que sus valores más altos se encuentran en regiones donde se mezclan diferentes masas de agua (Fig.15a). Una de estas zonas está al SW de la Isla de Jean Mayen y la otra al NW del área de estudio, arriba de los 74° N.

En la primera zona, se mezclan el agua polar, acarreada por la Corriente de Groenlandia y el agua atlántica, transportada por la Corriente de Iminger dando origen a la masa de Agua ártica que es transportada por la corriente de Islandia a latitudes más bajas.

En la segunda zona, se define por el encuentro del agua polar de la Corriente de Groenlandia, con la masa de agua atlántica transportada por la corriente de Noruega, dando origen a la masa de agua ártica que es transportada por la Corriente de Jean Mayen en forma de un giro ciclónico (Fig.6)

La especie de radiolarios que caracteriza principalmente a este factor es *Amphimelissa setosa*. Como se puede observar en la Fig.16a, sus mayores abundancias (60 y 50 %) las encontramos en el vértice correspondiente del diagrama. Algunos autores han reportado que el rango de temperatura donde se desarrolla mejor esta especie es de 2 a 7 °C, en regiones de mezcla de agua (Petrushevskaya, y Bjorklund, 1974; Swanberg y Bjorklund, 1987; Molina-Cruz, 1991)

El factor 2, llamado en este estudio "Agua subártica", de acuerdo al análisis multivariado gráfico (Fig.14) ,no tiene estaciones que lo definan claramente, en consecuencia este presenta valores más bajos (<0.6) que el Factor 1 (Anexo VI). No obstante, se observa que geográficamente el Factor 2 tiende a distribuirse al centro del área de estudio, entre los 72° y 75° N aproximadamente. (Fig.15b). Ahí la

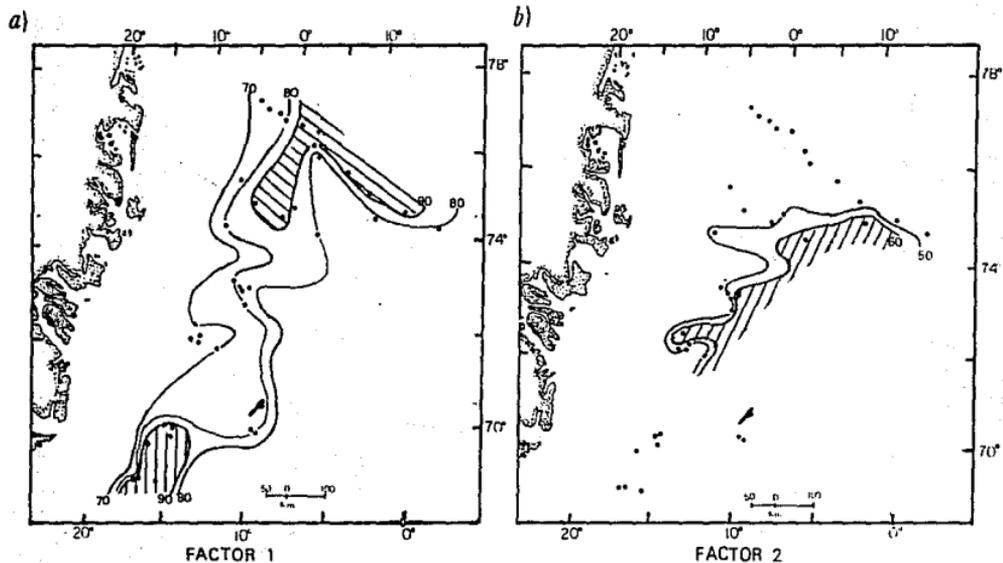


Figura 15.- Distribución geográfica de los conjuntos de radiolarios, definidos mediante análisis de factores en su modo "Q": a) Factor 1 "Aguas árticas" y b) Factor 2 "Aguas Subárticas". Los contornos representa la carga de factores * 100.

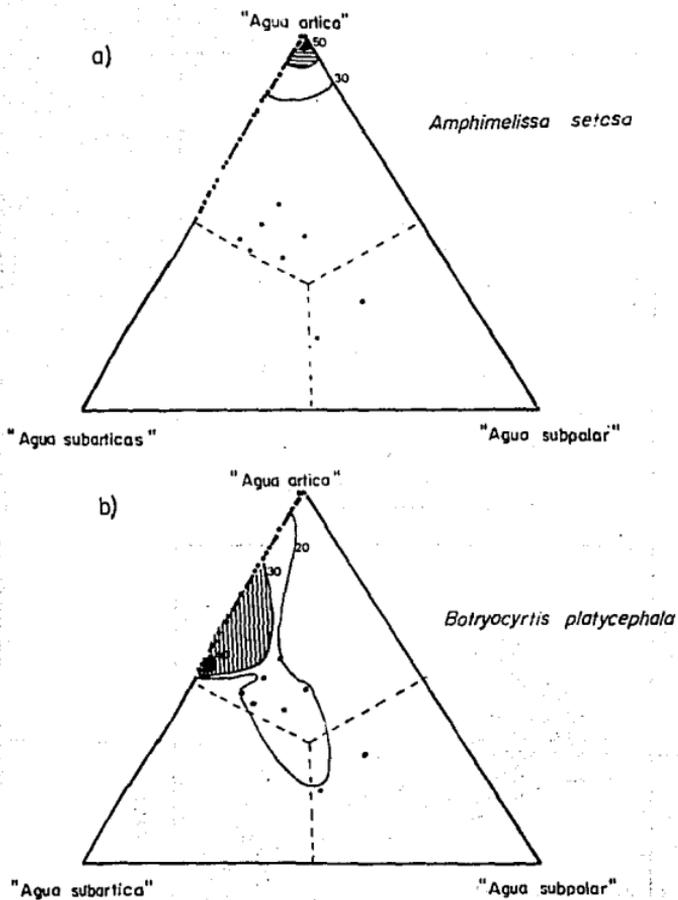


Figura 16.- "Afinidad" de las especies *Amphimelissa setosa* a) y *Botryocyrtis platycephala* b), con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q", en muestras superficiales.

mezcla entre las aguas árticas y templadas-atlánticas se desarrolla considerablemente, dando origen a un ambiente "subártico".

Dada la inconveniencia de no contar con estaciones que representen al Factor 2, este factor aparentemente no tiene especies afines; sin embargo, se observa que de alguna manera influye en la distribución de *Botryocyrtis platycephala* y *Cycladophora davisiana*. Sus diagramas de afinidad (Fig. 16b y 17a), muestran sus concentraciones en el Factor 1, pero sus abundancias mayores tienden a ser desplazadas hacia el Factor 2.

B. platycephala había sido reportada hasta ahora, con abundancias que no sobrepasan el 2% (Petrushevskaya, 1967). De acuerdo a la distribución observada en este estudio (Figs. 11) se puede sugerir que esta especie es afín al agua "subártica", producto de la mezcla de las aguas árticas y templadas-atlánticas.

La especie *C. davisiana*, ha sido considerada por varios autores como una especie que vive en aguas subsuperficiales, con abundancias no mayores a un 5% en sedimentos holocénicos (Morley, 1980; Molina-Cruz 1991). No obstante, en este estudio, se obtuvieron abundancias de 5 a 10 % en los sedimentos revisados (Fig.12a). Este incremento puede ser atribuido a la baja productividad de las especies que habitan aguas superficiales por tener que enfrentarse de forma directa a los cambios climáticos.

El tercer factor, nombrado aquí "Agua subpolar", también se define débilmente, pero es claro que está distribuido hacia la región donde existe una mayor influencia de la capa de hielo permanente (Fig.18). La especie de radiolarios que es afín a este factor es *Lithelius spiralis* (Fig.17b).

"FECHACION" DE LOS NUCLEOS 21852-1, 21910-1 Y 21914-4.

Debido a la carencia de infraestructura y expertos en México que puedan elaborar curvas isotópicas, el control "cronostratigráfico" para los núcleos 21852-1, 21910-1 y 21914-4, localizados en la parte sur y noreste del área de estudio (Fig.8 y

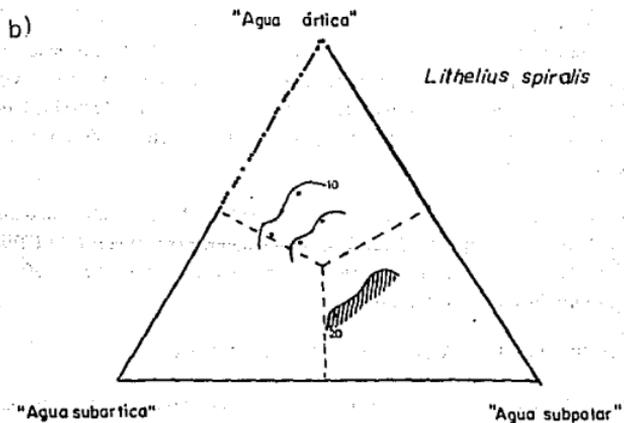
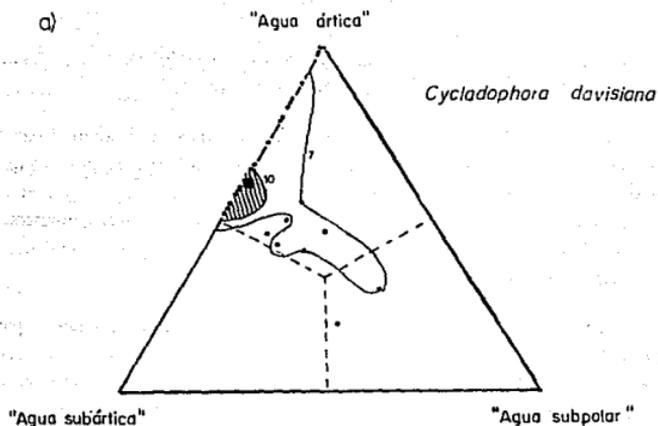


Figura 17.- "Afinidad" de las especies *Cycladophora davisiana* a) y *Lithelius spiralis* b) con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q", en muestras superficiales.

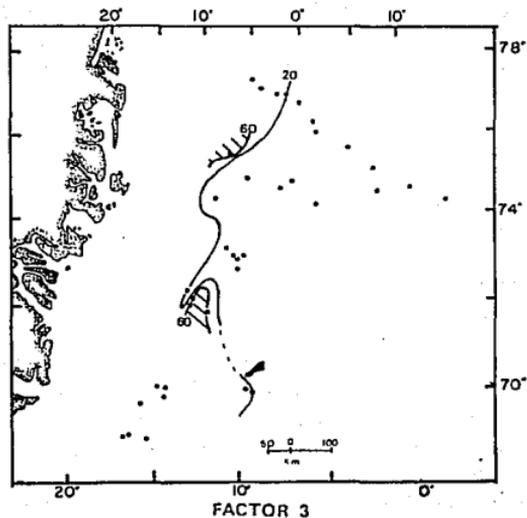


Figura 18.- Distribución geográfica del Factor 3 "Agua subpolar", definido mediante análisis de factores en su modo "Q". Los contornos representan la carga de factores * 100.

Anexo VII), se basó principalmente en su correlación con el núcleo 23352-2, localizado en el Mar de Islandia y estudiado por Molina-Cruz (1991).

Molina-Cruz (1991) registró en el núcleo 23352-2, la terminación del último estado glacial (ocurrida hace 10,000 años) a una profundidad de 24 cm. en el subsuelo (Fig. 19). Este límite coincide con el decremento en los valores $\delta^{18}\text{O}$ y una disminución conspicua en el porcentaje del material grueso en los sedimentos; concurriendo a su vez, con la presencia significativa de radiolarios.

A los 18 cm de profundidad, en el subsuelo, distinguió el límite de las Cronozonas Boreal-Atlántica (8,000 años). En este límite se inicia un incremento del $\delta^{18}\text{O}$ y se observa el valor más alto en la abundancia de radiolarios. El límite entre las Cronozonas Atlántica y Subboreal (5,000 años) lo distinguió a una profundidad de 12 cm y el de la frontera Subboreal - Subatlántico (2,500 años) a 6 cm aproximadamente. En los dos últimos límites, la abundancia de radiolarios es baja notoriamente.

Si extrapolamos este esquema a el núcleo 21852-1 (Fig.20), se observa que los radiolarios comienzan a incrementar su abundancia sostenidamente a partir de los 30 cm de profundidad en el subsuelo, aunque el porcentaje de material grueso, en los sedimentos, no decrece notoriamente. Consecuentemente, es en este nivel se establece tentativamente el inicio del Holoceno. Alrededor de los 22 cm, se registra una disminución significativa en la abundancia de radiolarios. Esta variación, se observa también en el núcleo 23352-2, aunque no tan drásticamente en el nivel de 20 cm, dentro de la Cronozona Boreal.

El inicio de la Cronozona Atlántica se ve registrado a partir de los 20 cm cuando la abundancia de radiolarios sobrepasa su media ($x=58,000$ org/g) y el porcentaje de material grueso en los sedimentos disminuye notoriamente.

La terminación de la Cronozona Atlántica, fue marcada por el decremento de la temperatura superficial del mar de Islandia y del de Noruega (Jansen, et. al. 1988, Nalan y Schrader, 1990). Con la disminución de los valores de la abundancia de

NUCLEO 21852-1

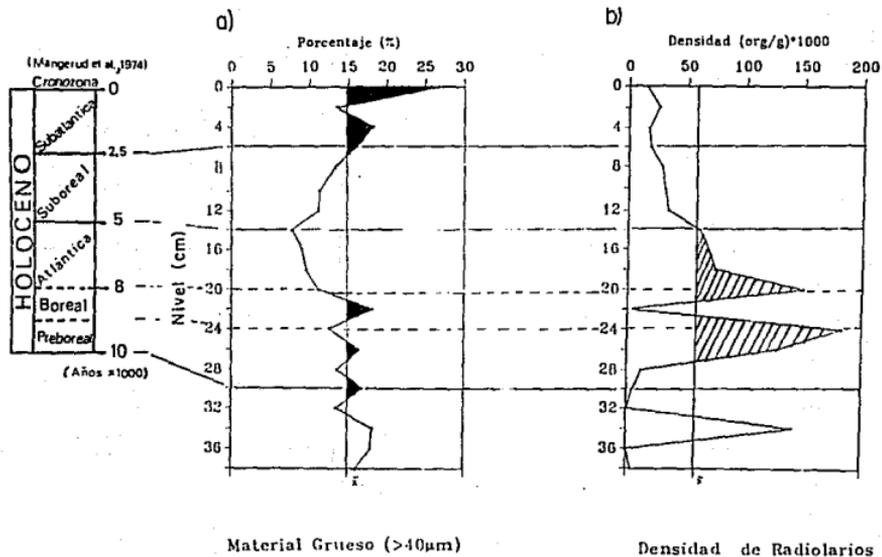


Figura 20.- Distribución estratigráfica de Material Grueso a) y Densidad de radiolarios b) en el núcleo 21852-1.

NUCLEO 23352 - 2

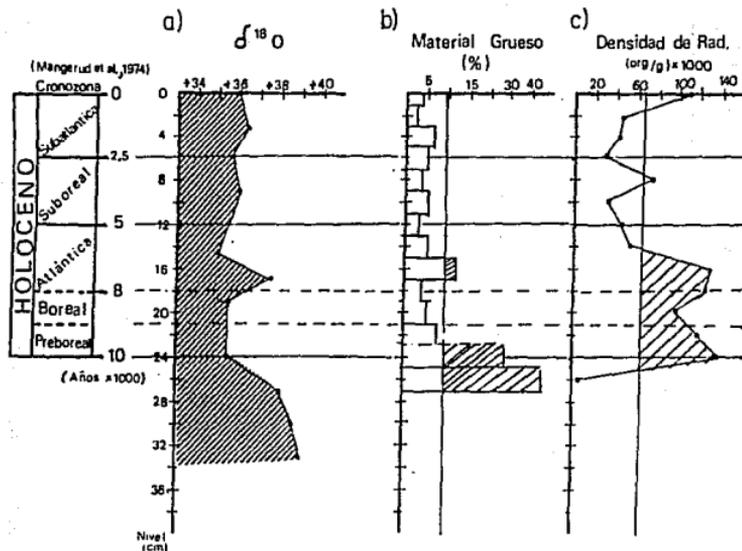


Figura 19.- Registro estratigráfico del núcleo 23352-2. a) $\delta^{18}O$, b) Porcentaje del material grueso y c) Densidad de radiolarios.

radiolarios, por abajo de su media ($X = 58,000$ org/g), así como el incremento de los valores del material grueso en el sedimento (10%), se considera en aproximadamente 14 cm, el límite de las Cronozonas Atlántica-Subboreal, el cual de acuerdo a Mangerud *et al.* 1974 tiene una edad de aproximadamente 5,000 años.

Posteriormente, en el nivel 6 cm, se denotó el inicio de la Cronozona Subatlántica (edad aproximada de 2,500 años), con la disminución de la abundancia de los radiolarios y el aumento notorio de material grueso en los sedimentos. (Fig.20)

En los núcleos 21910-1 y 21914-4 (Anexos VIII y IX), los microfósiles comienzan a ser evidentes a una profundidad en el subsuelo de 11 cm en el primer núcleo y de 8 cm en el segundo núcleo. Su primera ocurrencia en estos niveles sugiere ahí el inicio del Holoceno (Figs. 21 y 22 respectivamente).

La ocurrencia de aguas templadas en la zona de estudio, durante el Holoceno, fue registrada más claramente durante la Cronozona Atlántica, alcanzando el máximo en la proximidad del límite "Atlántica-Subboreal" (Grousset y Duplessy, 1983; Kellogg, 1984; Jansen y Veum, 1990). En consecuencia, los máximos de los registros de abundancia de radiolarios de los núcleos 21910-1 y 21914-4 (Figs. 21b y 22b), sugieren que dicha frontera se define, tentativamente a los entre los 3 y 4 cm respectivamente.

Por arriba de los 4 cm, fue imposible definir las Cronozonas subsecuentes en los núcleos 21910-1 y 21914-4, debido a la carencia de curvas isotópicas y a la baja tasa de sedimentación que representa 4 cm para 5,000 años. Esta tasa de sedimentación baja, se debe posiblemente a que ambos núcleos se localizan en una región que actualmente esta cubierta casi permanentemente por el hielo. Este aspecto impide la depositación de sedimentos (Kellogg, 1976; Paetsch *et al.*, 1992).

MARCO PALEOCEANOGRÁFICO.

Tomando en cuenta la "cronología" inferida para cada núcleo y los resultados del análisis de factores en su modo "Q" (Figs. 23 - 25 y Anexo X), así como la

NUCLEO 21910-1

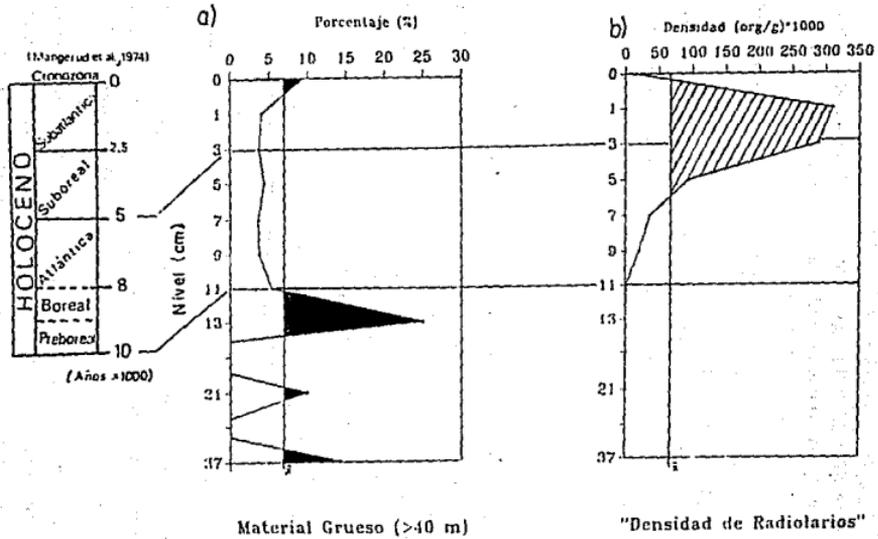


Figura 21.- Distribución estratigráfica de Material Grueso a) y Densidad de radiolarios b) en el núcleo 21910-1.

NUCLEO 21914-4

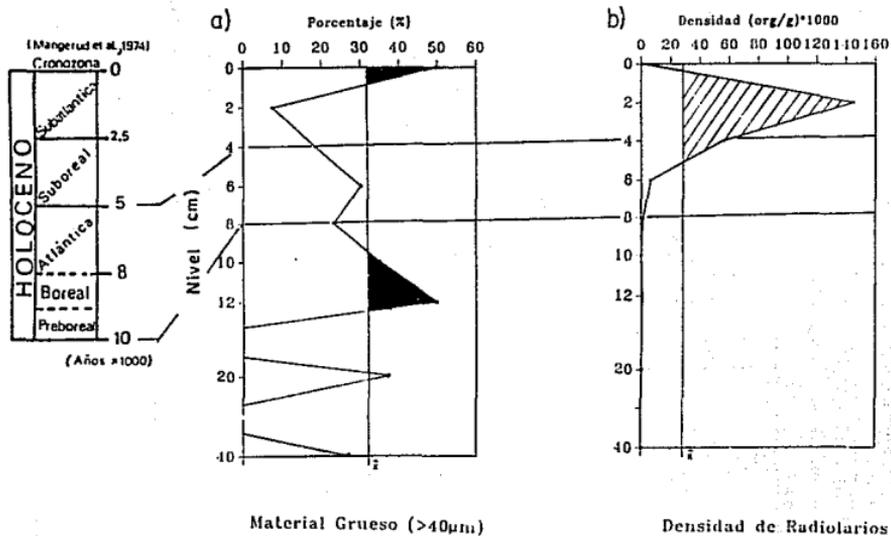


Figura 22.- Distribución estratigráfica de Material Grueso a) y Densidad de radiolarios b) en el núcleo 21914-4.

NUCLEO 21852-1

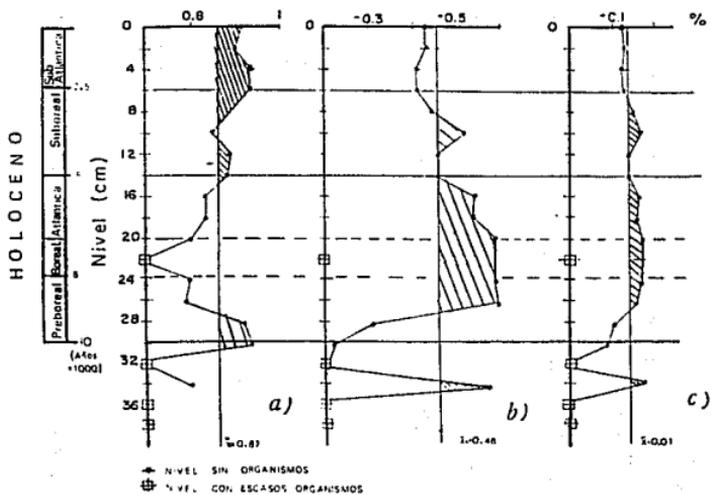


Figura 23.- Distribución estratigráfica de los Factores en el núcleo 21852-1. a) Factor 1 "Agua ártica", b) Factor 2 "Agua subártica" y c) Factor 3 "Aguas subpolares".

NUCLEO 21910-1

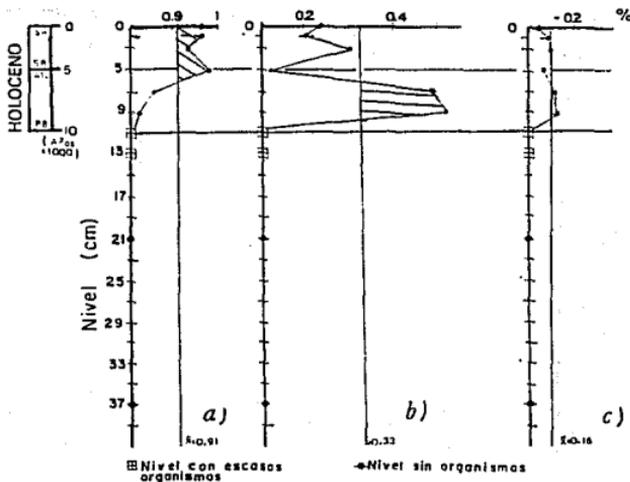


Figura 24.- Distribución estratigráfica de los Factores en el núcleo 21910-1: a) Factor 1 "Agua ártica", b) Factor 2 "Agua subártica" y c) Factor 3 "Aguas subpolares".

NUCLEO 21914 - 4

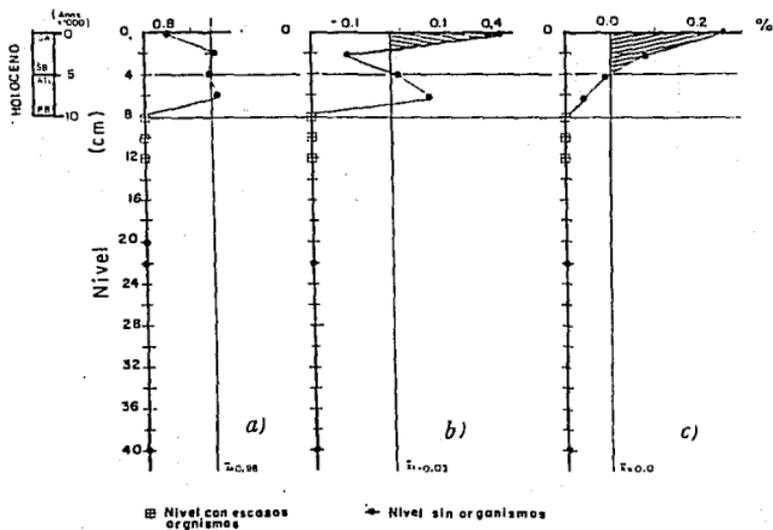


Figura 25.- Distribución estratigráfica de los Factores en el núcleo 21914-4. a) Factor 1 "Agua ártica", b) Factor 2 "Agua subártica" y c) Factor 3 "Aguas subpolares".

fluctuación estratigráfica de la abundancia de algunas especies (Fig. 26 - 28), se hicieron algunas deducciones sobre el marco oceanográfico que ha existido durante los últimos 10,000 años en el área de estudio, no sin antes considerar que, de acuerdo al análisis multivariado gráfico (Fig. 29) los tres núcleos considerados en este estudio: 21852-1, 21910-1 y 21914-4 (localización en Fig. 8), han experimentado principalmente las condiciones climático oceanográficos que definen al Factor 1 ("Aguas árticas"), durante el Holoceno. Siendo *Amphimelissa setosa* la especie "más" conspicua en el núcleo 21852-1 (Fig.30a); mientras que *Botryocytis platycephala* y *Cycladophora davisiana* lo son en el núcleo 21910-1 (Figs. 30b y 31a).

El núcleo 21914-4 esta definido solo por tres muestras, por lo que se dificulta su interpretación, no obstante, la tendencia del análisis multivariado gráfico indica que *Artobotrys borealis* y *Lithelius spiralis* han concurrido principalmente en este núcleo (Figs. 31b y c).

Debido a que el Factor 3 ("Aguas subpolares"), estratigráficamente está definido débilmente (Figs.22-25), este no se considerará en el análisis paleoceanográfico.

Al inicio de la Cronozona Preboreal, hace aproximadamente 10 000 años, la Corriente de Irminger inició una influencia considerable en el Mar de Islandia, permitiendo la penetración de aguas atlánticas y por consecuencia, su mezcla con el agua polar (Gousset y Duplsey, 1983; Kellogg, 1984; Molina-Cruz, 1991; Mienert *et al.*, 1992). Esta condición, generó el desarrollo del Factor 1 " Aguas árticas" (Fig.23a) y aparentemente el de *Cycladophora davisiana* (Fig. 26e), en concurrencia con el inicio de una mayor producción del "Agua subártica" (Factor 2); la cual quedo registrada no solo en el núcleo 21852-1 (Fig. 23b). sino también en los núcleos 21910-1 (Fig. 24b) y 21914-4 (Fig. 25b).

Durante el resto de la Cronozona Preboreal y durante las Cronozonas Boreal y Atlántica, hubo una producción importante de "Agua subártica" (Factor 2) el área de estudio, particularmente hacia el SW donde se localiza el núcleo 21852-2 (compare valores en las Figuras 23b, 24b, y 25b). Consecuentemente, durante dicho

NUCLEO 21852-1

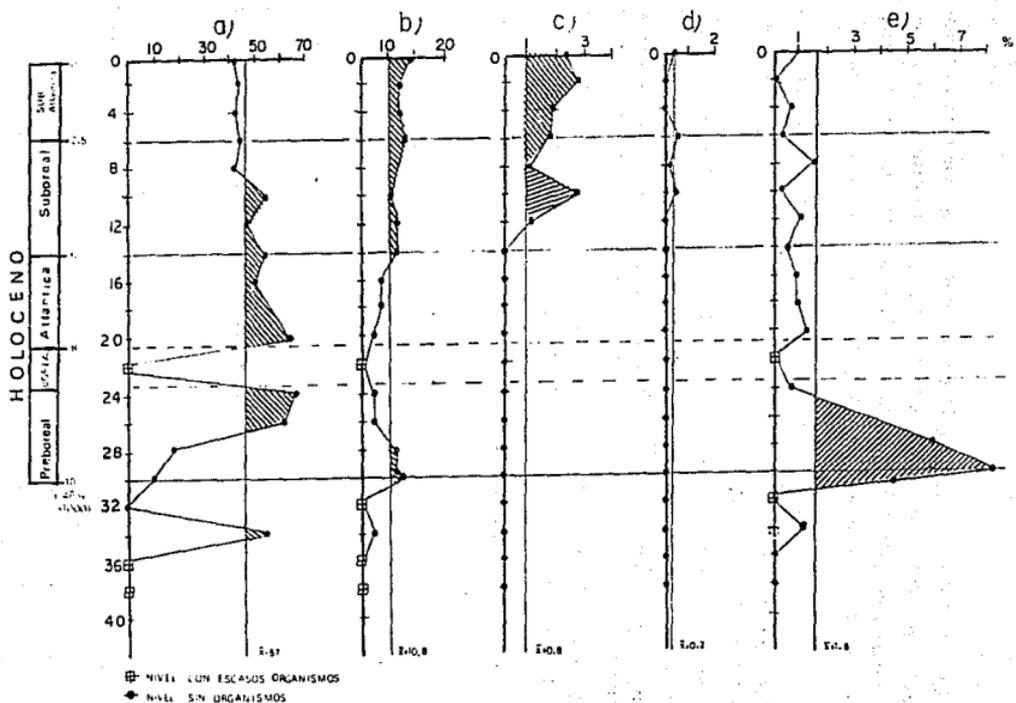


Figura 26.- Distribución estratigráfica de la abundancia relativa (%) de las especies a) *Amphimelissa setosa*, b) *Botryocyrtis platycephala*, c) *Artobotrys borealis*, d) *Lilhelius spiralis* y e) *Cycladophora davisiana* en el núcleo 21852-1.

NUCLEO 21910-1

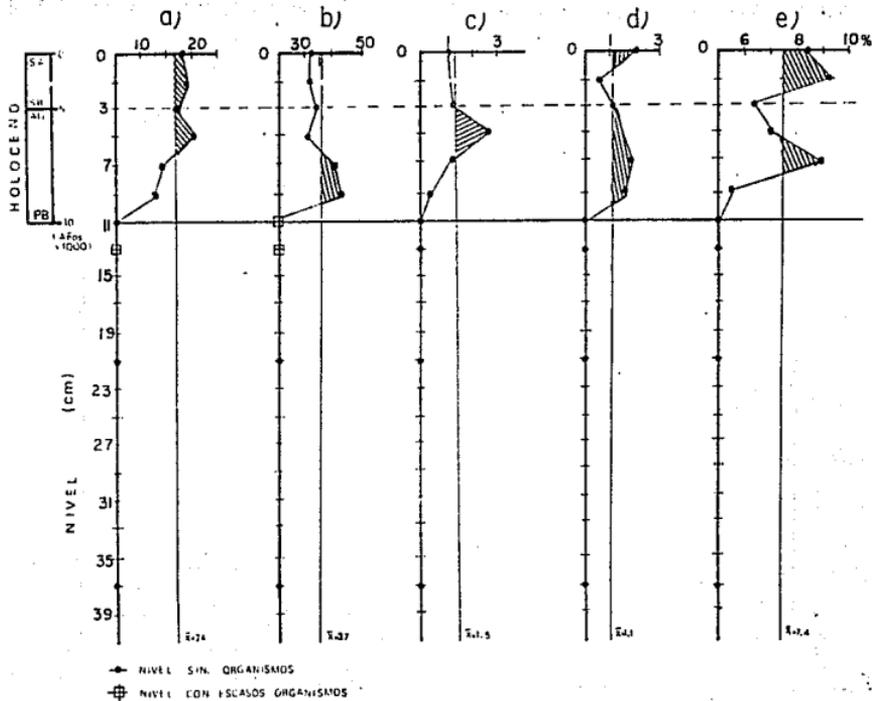


Figura 27.- Distribución estratigráfica de la abundancia relativa de las especies a) *Amphimelissa setosa*, b) *Botryocyrtis platycephala*, c) *Artobotrys borealis*, d) *Lithelius spiralis* y e) *Cycladophora davisiana* en el núcleo 21910-1.

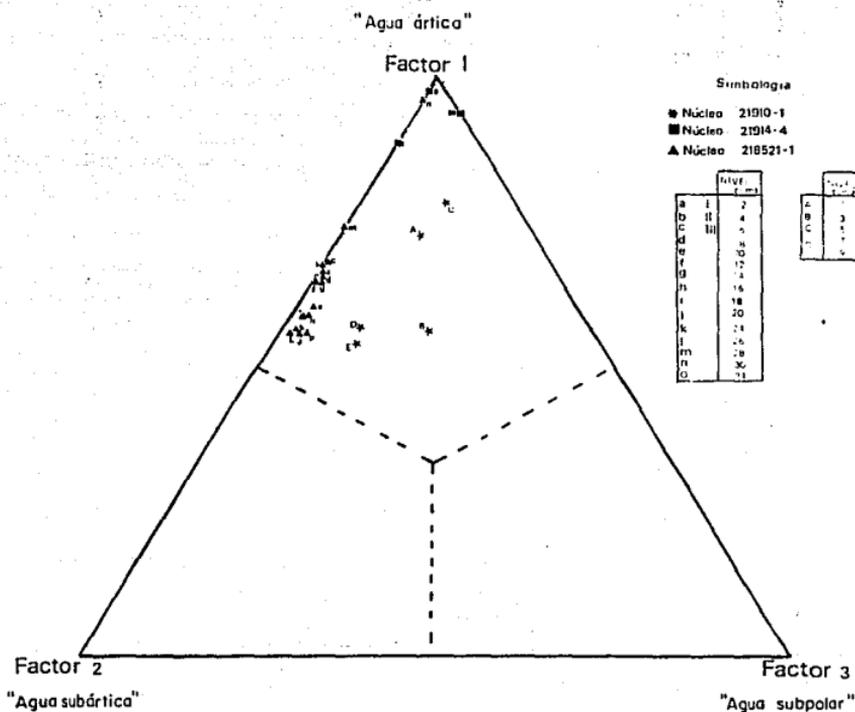


Figura 29.- Localización de las muestras de núcleo en el análisis multivariado gráfico.

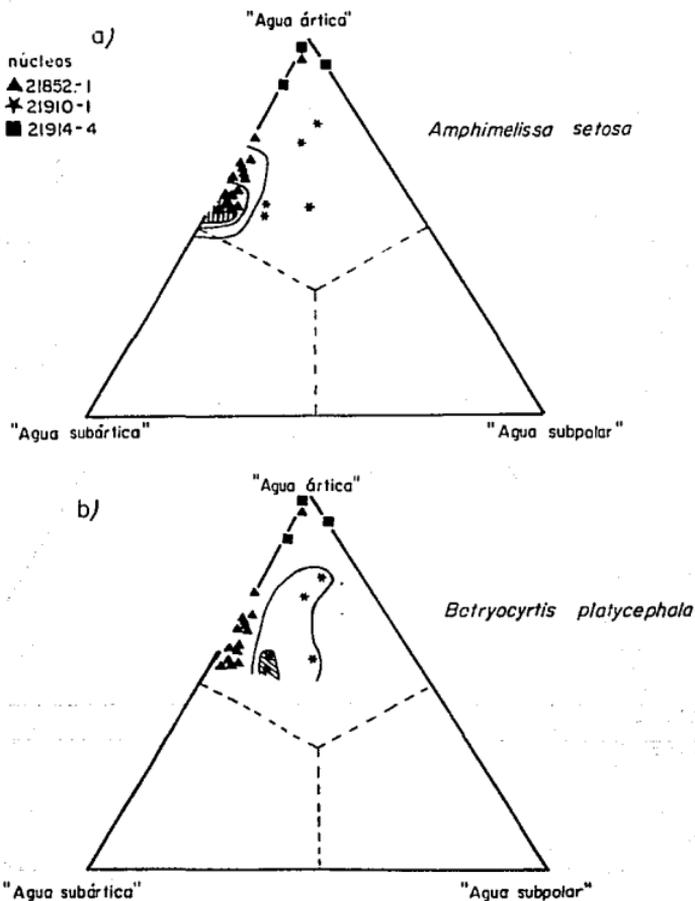


Figura 30.- Afinidad de las especies a) *Amphimelissa setosa* y b) *Botryocyrtis platycephala* con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q" en muestras de núcleo. Obtenidas por núcleo.

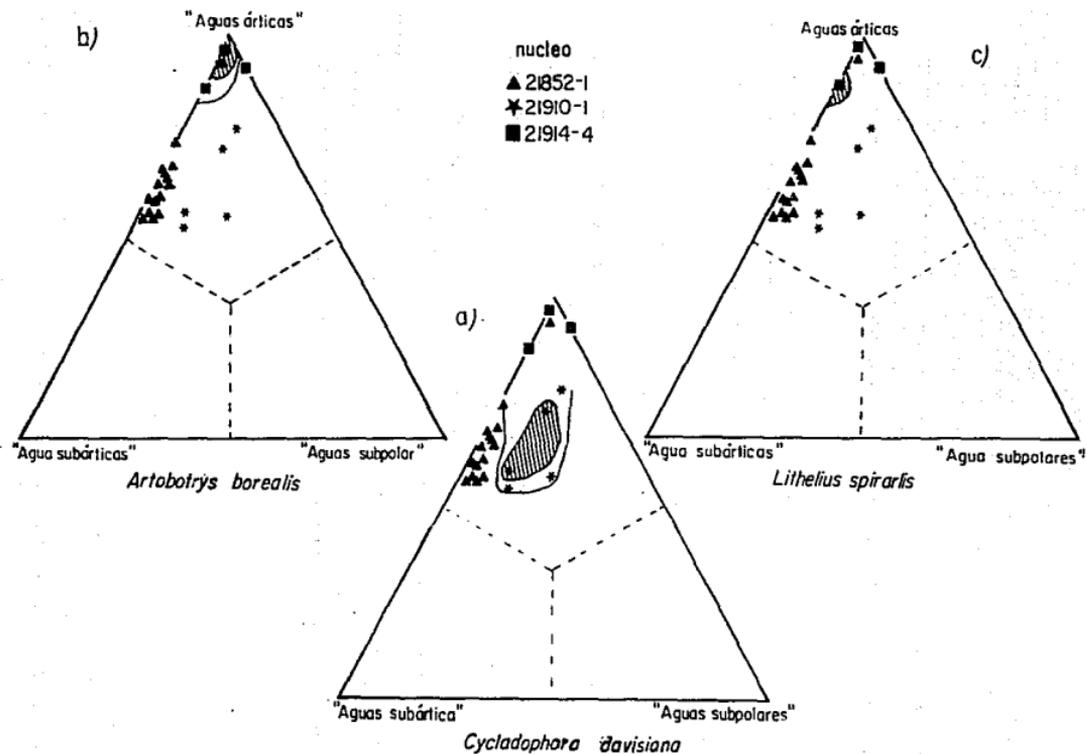


Figura 31.- Distribución de las especies a) *Cycladophora davisiana*, b) *Artobotrys borealis* y c) *Lithelius spiralis*, en el análisis multivariado gráfico con los conjuntos definidos en el análisis de factores modo "Q" en muestras de núcleo.

intervalo, *Amphimelissa setosa* encontró un ambiente favorable para su desarrollo en esta localidad y presentó valores mayores que en el presente (Fig. 26a; Véase también Molina-Cruz 1991) Al mismo tiempo, *Botryocyrtis platycephala* y *Cycladophora davisiana* mostraron valores máximos en el NE del área de estudio, tal como lo indica el núcleo 21910-1 (Figs. 27b y 27e, respectivamente) y aunque no muy claramente, el núcleo 21914-4 (Figs. 28b y 28e).

Cercano al límite de las Cronozonas Atlántica y Subboreal, hace aproximadamente 5 000 años, ocurrió un cambio "drástico" de las condiciones climático-oceanográfico en el área de estudio, porque durante este intervalo no solo se alcanzó el máximo de temperatura del Holoceno, sino se observó también el decremento notorio de esta variable (Grousset, 1983; Jansen 1990; Molina Cruz 1991). Este hecho se manifiesta también en este estudio, particularmente al NE del área de estudio, en el núcleo 21910-1 y en el núcleo 21852-1 hacia el SW (Figs. 23 y 24 respectivamente). Si se observa en las Figs. 23-24, cercano a la límite entre las Cronozonas Atlántica y Subboreal, el Factor 2 ("Aguas subárticas") decrece marcadamente a costa del incremento del Factor 1 ("Aguas árticas"). Tal situación sugiere, en consecuencia, que probablemente un aporte relativamente mayor de agua polar en el área de estudio, no solo ocasionó una mayor producción de agua ártica, sino que definió mejor al Frente Ártico, y lo desplazó tal vez hacia el SE. Este hecho debe haberse manifestado mediante un decremento general de la temperatura en la región, tal como lo propusieron Nalan y Schrader en 1990.

Durante la Cronozona Subboreal y Subatlántica, las condiciones climático-oceanográficas han estado fluctuando pero sin llegar a ser tan "óptimas" como en las Cronozonas Boreal y Atlántica, ni tan "frías" como antes del Holoceno.

VI. CONCLUSIONES

El aumento o disminución de cualquiera de los componentes sedimentarios considerados en este estudio: material grueso (mayor a 40 μm), material fino (menor a 40 μm) y la abundancia de radiolarios, reflejan la dinámica climático-oceanográfica del área de estudio y en consecuencia su paleoceanografía.

La distribución geográfica y estratigráfica de los radiolarios, permitió diferenciar tres regiones climático-oceanográficas en el área de estudio; observándose que de las cuales una de ellas se encuentra mejor definida. A esta región se le denominó "Agua ártica", debido a que en ella se mezclan las aguas polares con las templadas, dando origen a la masa de agua ártica; la cual que es transportada, dentro del área de estudio por la Corriente de Jean Mayen hacia el Norte y por la Corriente de Islandia hacia el Sur.

En la región donde se distribuye el "Agua ártica", principalmente se define mejor hacia el Sureste de la Isla de Jean Mayen, en el Mar de Islandia, *Amphimelissa setosa* es la especie más común, alcanzando abundancias relativas del 50% al 70%.

La segunda región climático-ocenográfica, está ubicada en el Mar de Groenlandia, por arriba de los 74° a 76° N. Fué denominada "Agua subártica", porque en ella se mezclan aguas árticas con templadas. Esta mezcla aparentemente favorece el desarrollo de las especies *Botryocyrtis platycephala* y *Cycladophora davisiana*, ya que alcanzan valores de abundancia de 40% y 10% respectivamente.

La tercera región, llamada "Agua subpolar", se localiza en la zona de transición formada entre la capa de hielo y la agua ártica. La especie más común en esta zona es *Lithelius spiralis*, alcanzando valores del 18% .

De acuerdo al análisis multivariado gráfico, los tres núcleos estudiados (21852-1, 21910-1 y 21914-4) han experimentado las condiciones climático-oceanográfico de la región denominada "Aguas árticas", durante el Holoceno. *Amphimelissa setosa* es la especie "más" conspicua en el núcleo 21852-1, *Botryocyrtis platycephala* junto con *Cycladophora davisiana* lo son en el núcleo 21910-1 y *Artobotrys borealis* y *Lithelius spiralis* en el núcleo 21914-4.

La variación estratigráfica de la abundancia de las especies estudiadas, evidencian una etapa "cálida" en el inicio del Holoceno; tal como lo proponen otros autores. Este estado climático perduró hasta el inicio de la Cronozona Suboreal, hace aproximadamente 5,000 años.

Durante las Cronozonas Suboreal y Subatlántica, la disminución en la abundancia de radiolarios, así como el decremento de temperatura, sugieren un mayor aporte de agua polar y con ello el desplazamiento del Frente ártico hacia latitudes bajas.

VII. RECOMENDACIONES

Aunque se considera que el presente estudio ha incrementado el conocimiento oceanográfico y paleocenogáfico de los mares nórdicos, se reconoce que esta información ha motivado nuevas incógnitas. Por ejemplo: ¿Porqué algunas especies de radiolarios existentes en sedimentos no se muestran en las aguas superficiales?. Recientemente, mediante comunicación con la M. en C. Andrea Abelmann, estudiante de posgrado en la Universidad de Kiel Alemania, que efectúa estudios de radiolarios colectados de trampas de sedimentos, me enteré que la especie *Botryocyrtis platycephala* no aparece tan abundantemente en trampas sedimentarias colocadas a 100 m de profundidad en el Mar de Groenlandia. ¿Es por que la especie *B. platycephala* habita en regiones más profundas?.

Para definir mejor las tres regiones climático-oceanográficas propuestas en este estudio, así como para obtener respuestas a preguntas como las antes planteadas, se recomienda un mayor apoyo isotópico y una red de estaciones amplia. Núcleos con mayor tasa de sedimentación nos permiten detallar las curvas paleoceanográficas y por lo tanto inferir futuras tendencias climáticas.

XI. LITERATURA CITADA

- Abelmann A. and Gersonde R. 1988. *Cycladophora davisiana* Stratigraphy In Plio-Pleistocene Cores From The Antarctic Ocean (Atlantic Sector), *Micropaleontology*, Vol. 34, No. 3, pp.268-276.
- Bjorklund K. R. 1976. Radiolarian From The Norwegian Sea. Leg 38 of the Deep Sea Drilling Project, In: Talwani M., Undintsev G. et al. (eds.), *Initial report of the DSDP*. Washington (U.S. Government Printing Office), vol. 38, pp. 1101-1168.
- Bjorklund K. R. and N. R. Swanberg. 1987. The distribution of two morphotypes of the radiolarian *Amphimelissa setosa* Cleve (Nassellarida): A result of environmental variability?. *Sarsia* 72:245-254.
- Bleil U. and Thiede J. 1990. *Geological History of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic*, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, p. 823.
- Bowen D. Q. 1978. *Quaternary Geology: A Stratigraphic Framework of Multidisciplinary Work*, Oxford England, p. 237.
- Casey R. E. 1977. Ecology of Recent Radiolaria. In: Ramsay A. (ed.), *Oceanic Micropaleontology*, Cap. 7, Vol. 2, London England, pp.809-845.
- Dietrich G. 1980. *General Oceanography: An Introduction*, New York E.U.A., p. 588.
- Gathman S. G. 1986. Climatology, In: Hurdle B.G. (ed.), *The Nordic Seas*, Springer-Verlag New York, Chap. 1, pp. 1-20.
- Goll R. M. and Merinfeld E. G. 1979. Radiolaria, In: R. W. Fairbridge and D. Jablonski (Eds.), *The Encyclopedia of Paleontology*, Encyclopedia of Earth Sciences, Stroudsburg Penn., Vol. 7, pp. 673-684.
- Goll R. M. and Bjorklund, K.R. 1985. *Nephrospyris knutheteri* sp. n., An Extant Trissocyclid Radiolarian (Polycystina: Nassellarida) from the Norwegian Greenland sea. *Sarsia* 70: 103-108.
- Grousset, F. and J. C. Duplessy. 1983. Early Deglaciation of the Greenland Sea During the Last Glacial to Interglacial Transition. *Mar. Geol.*, Vol. 52, pp. M11-M17.
- Henrich R., Kassens H., Vogelsang E. and Thiede J. 1989. Sedimentary facies of glacial-interglacial cycles in the Norwegian sea during the last 350 ka, *Mar. Geol.*, Vol. 86, pp. 283-319.

- Holme N. A. and Mc Intyre A. D. 1984. *Methods For The Study Of Marine Benthos*. London England, Chap. 6, 2 ed., pp. 140 -216.
- Hurdle B. G. 1986. *The Nordic Seas*. Springer Verlag New York, p. 778.
- Ingmanson, D. and W. Wallace. 1985. *Oceanography An: Introduction*, 3a. ed., Wadsworth U.S.A., p. 530
- Jansen E., U. Bleil, R. Henrich, L. Kringstad and B. Stettemark, 1988. Paleoenvironmental changes in the Norwegian Sea and the Northeast Atlantic During the last 2.8 m.y.: Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program sites 610, 642, 643 and 644. *Paleoceanography*, vol.3, No.5, pp. 563-581.
- Jansen E., and T. Veum. 1990. Evidence For Two-Step Deglaciation and Its Impact on North Atlantic Deep Water Circulation, *Nature*, Vol. 343, No. 6259, pp. 212-616.
- Johannessen O, M. 1986. Brief overview of the physical oceanography, *In: Hurdle B.G. (ed.), The Nordic Seas*. Springer-Verlag New York, Chap. 4, pp. 103-127.
- Kellogg T. B. 1976. Late Quaternary Climatic Changes: evidence from deep-sea cores of Norwegian and Greenland Seas, *In: Cline R. W. and Hays, J. D. (eds), Investigations of late Quaternary Paleooceanography and Paleoclimatology*, Geological Society of America Memoir, No. 145, pp.77-110.
- Kellogg T. B. 1984. Late-Glacial-Holocene High-Frequency Climatic Changes in Deep-sea Cores from the Denmark Strait *In: Morner N. A. and Karlen W. (eds), Climatic Changes on a Yearly to Millennial Basis*, Riedel Hingham Mass., pp. 123-133.
- Kling, S.A. 1978. Radiolaria *In: Haq, B.U. and A. Boersma (eds), Introduction to Marine Micropaleontology*, Elsevier U.S.A., Chap. 9: 203-244.
- Mangerud, J., Andersen, S.T. Berglund, B.E. and Donner J. 1974. Quaternary Stratigraphy of Norden a proposal for terminology and classification. *Boreas*, No.3 pp.109-128.
- Mienert J., Andrews J. T. and Milliman J. D. 1992. The East Greenland Continental Margin (65° N) Since the Last Deglaciation: Changes in Seafloor Properties and Ocean Circulation, *Mar. Geol.*, 106: 217-238.
- Molina-Cruz A., 1979. Registro de las masas de agua en la región del Golfo de California, *En memorias del Simposium "El Golfo de California, Su Origen, agua, vida marina y Recursos."* Mazatlán, Sin. México.
- Molina-Cruz A., 1984. Radiolaria as indicators of upwelling process: the Peruvian Connection, *Mar. Micropal.*, 9:53-75.
- Molina-Cruz A., 1991. Holocene Palaeo-oceanography of the Northern Iceland Sea, Indicated by Radiolarian and Sponge Spicules, *Journal of Quaternary Science*, Vol.6, pp. 303-312.

- Molina-Cruz A. and Martínez-López M. (en prensa). Oceanography of the Gulf of Tehuantepec. México. Indicated by Radiolaria Remains."
- Morley J. J. 1980. Analysis of the abundance variations of the subspecies of *Cycladophora davisiana*, *Mar. Micropaleontol.* 5:205-214.
- Nalan K. K. and Schrader H. 1990. Surface Sediment Diatom Distribution and Holocene Paleotemperature Variations in the Greenland, Iceland and Norwegian Sea, *Paleoceanography*, Vol.5, No.4, pp.557-580.
- Paetsch H., Boltz R., Scholten J.C. and Stoffers P. 1992. Accumulation Rates of Surface Sediments In The Norwegian-Greenland Sea, *Mar. Geol.*, 104 :19-30.
- Perry, R. K., H.S. Fleming *et al.* 1980. "Bathymetry of the Norwegian-Greenland and Western Barents Seas" (map), National Research Laboratory, Washington D. C.
- Perry, R. K., 1986. Bathymetry. In: Hurdle, B.G. (ed): *The Nordic Seas*, Springer-Verlag New York, Chap. 9, pp. 211-235.
- Petrushevskaya, M.G. 1967. Radiolarians of Orders Spumellaria and Nasellaria of the Antarctic Region In: Andriyashov A. P. and P.V. Ushakov (eds.), Studies of marine Fauna. Biological reports of the Soviet Antarctic Expedition (1955-1958) *USSR. Acad. Nauk* 3:2-186. (Translated from Russian by Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem 1968.)
- Petrushevskaya, M.G. and Bjorklund K. R. 1974. Radiolarians in Holocene Sediments of the Norwegian-Greenland Seas, *Sarsia* 57: 33-46.
- Pokorny V. 1963. *Principles of Ecological Micropaleontology*, Pergamon Press Poland, Chap. 4, p. 652.
- Press, J. S. 1972. *Applied Multivariate Analysis*, HRW ed. E.U.A. p. 521.
- Reineck, H. E. 1958. Kastengreifer und Lotrohre "Schnepe", Gerate zur Entnahme ungestorter, orientier Meeresgrundproben. *Senckenbergiana Lethaea*, Vol.39, p.42-48; 54-56.
- Reineck, H. E. 1963. Der Kastengreifer. *Natur und Museum*, Vol.93, p.102-108.
- Roelofs A. K. and Piasis N. G. 1986. Revised Techniques for Preparing Quantitative Radiolarian Slides From Deep-Sea Sediments, *Micropaleontology*, Vol. 32. No. 2, pp. 182-185.
- Sachs, H. M. 1973. Quantitative Radiolarian-based Paleo-oceanography in Late Pleistocene Subarctic Pacific Sediments. Ph. D. Tesis Brown University. Rhode, Inland, USA. p. 208
- Sancetta, C. 1979. Use of semiquantitative microfossil data for Palaeoceanography. *Geology*. 7:88-92
- Sokal R.R y Rohlf J. F. 1969. *Biometría "Principios y Métodos Estadísticos en la investigación Biológica"*, Cap. 15, Ed. Blume España, p. 832.

- Shepard, 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios *Journ. of Sedimentary Petrology*, Vol. 24, pp. 151-158.
- Stowe, K. 1987. *Essential of Ocean Science*, U.S.A., p.353
- Swanberg N. R. and Bjorklund K. 1987. Radiolaria in the Plankton of some Fjords in western and Northern Norway: The Distribution of species, *Sarsia* 72:231-244
- Swift J. H. 1986. The Arctic Waters. In: Hurdle, B.G. (ed): *The Nordic Seas*, Springer-Verlag New York, Chap. 5, pp. 129-154.

ANEXOS

EST.	NUCLEO	LOCALIZACION		TEM. (°C)	PROF. (m)	SALIN. (‰)
		Latitud	Longitud			
1	21842-5	69° 27.78'	N 18° 31.490'	W 0.60	983	33.01
2	21843-1	69° 28.11'	N 18° 22.930'	W 2.02	943	33.90
3	21846-3	69° 26.51'	N 15° 17.775'	W 3.19	1427	34.57
4	21852-1	70° 15.22'	N 15° 49.430'	W 2.36	1105	34.38
5	21855-1	70° 36.04'	N 14° 38.812'	W 1.46	1855	34.02
6	21856-2	70° 38.48'	N 14° 27.130'	W 2.10	670	34.30
7	21857-1	70° 28.82'	N 14° 30.380'	W 1.90	908	34.29
8	21864-1	70° 18.95'	N 08° 39.175'	W 2.58	458	34.62
9	21865-1	70° 32.28'	N 08° 49.546'	W 2.77	204	34.64
10	21873-1	72° 18.02'	N 11° 18.160'	W 2.02	2109	33.95
11	21874-1	72° 29.41'	N 12° 36.360'	W 0.25	509	32.60
12	21875-7	72° 32.83'	N 12° 15.260'	W 2.01	2378	33.33
13	21876-1	72° 48.44'	N 12° 46.350'	W -0.98	2582	32.56
14	21877-1	72° 28.71'	N 13° 04.340'	W -0.98	2649	32.33
15	21878-2	73° 15.10'	N 09° 00.940'	W 0.04	3038	32.62
16	21880-3	73° 32.80'	N 09° 04.770'	W -0.31	333	32.46
17	21882-1	73° 35.52'	N 08° 23.800'	W -0.36	3169	32.58
18	21886-3	73° 32.29'	N 09° 5.220'	W -0.97	260	32.86
19	21892-1	73° 44.05'	N 09° 37.520'	W -0.68	3125	32.29
20	21893-1	74° 52.06'	N 10° 06.570'	W -0.09	3245	33.09
21	21894-7	75° 48.83'	N 08° 15.480'	W -0.79	1992	32.69
22	21895-9	75° 24.80'	N 07° 18.600'	W -0.22	3358	32.10
23	81898-6	74° 59.14'	N 04° 57.940'	W 2.31	3595	33.62
24	21900-7	74° 31.68'	N 02° 20.120'	W 2.29	3538	34.41
25	21901-1	75° 56.56'	N 03° 44.370'	W 0.70	3588	32.76
26	21902-3	77° 25.65'	N 05° 45.910'	W -1.33	422	31.91
27	21903-1	77° 16.82'	N 05° 01.260'	W -1.37	1182	32.33
28	21904-1	77° 5.140'	N 03° 59.280'	W -0.62	1795	32.66
29	21905-1	76° 55.13'	N 03° 23.010'	W 0.08	1761	32.05
30	21906-1	76° 50.62'	N 02° 09.000'	W 1.43	2990	33.87
31	21908-1	76° 19.25'	N 01° 04.340'	W 2.97	2497	34.20
32	21909-1	76° 06.34'	N 01° 00.330'	W 3.29	2488	34.59
33	21910-1	75° 37.00'	N 01° 19.000'	E 3.22	2448	34.62
34	21911-1	75° 03.50'	N 02° 58.500'	E 4.10	2326	34.59
35	21912-7	74° 29.07'	N 02° 54.500'	E 2.84	3727	34.67
36	21913-1	74° 29.07'	N 05° 24.430'	E 4.20	2857	34.55
37	21914-4	73° 58.03'	N 07° 39.860'	E 8.18	1793	35.00

Est. = Estación
Tem. = Temperatura

Prof. = Profundidad
Salin. = Salinidad

Anexo I.- Localización y parámetros fisicoquímicos superficiales las estaciones de muestreo.

Est.	Muestra	Peso Total (g)	Peso Mat. Fino (<40µm)	Mat. Fino %	Peso Mat. Grueso (>40µm)	Mat. Grueso %
1	21842-5	7.95364	6.77834	85.22	1.17530	14.78
2	21843	9.72467	7.03597	72.35	2.68870	27.65
3	21846-3	6.37185	6.16435	96.74	0.20750	3.26
4	21852-1	3.86025	2.83106	73.34	1.02919	26.66
5	21855-1	6.65196	5.16639	77.67	1.48557	22.33
6	21856-2	7.38207	6.35199	86.05	1.03008	13.95
7	21857-1	14.23604	8.44956	59.35	5.78648	40.65
8	21864-1	7.56259	6.97839	92.28	0.58420	7.72
9	21865-1	4.77304	1.60519	33.63	3.16785	66.37
10	21873-1	7.40268	6.87548	92.88	0.52720	7.12
11	21874-1	5.70274	4.68730	82.19	1.01544	17.81
12	21894-7	10.85135	6.26100	57.70	4.59035	42.30
13	21875-7	11.15087	6.18211	55.44	4.96876	44.56
14	21876-1	5.93263	5.67439	95.65	0.25824	4.35
15	21877-1	7.67425	6.96046	90.70	0.71379	9.30
16	21878-2	5.19300	4.90437	94.44	0.28863	5.56
17	21880-3	3.27516	1.66081	50.71	1.61435	49.29
18	21882-1	6.88504	6.14728	89.28	0.73776	10.72
19	21886-3	1.76420	1.29778	73.56	0.46642	26.44
20	21892-1	2.78981	2.56521	91.96	0.22440	8.04
21	21893-1	4.22280	3.53026	83.60	0.69254	16.40
22	21895-9	5.92598	4.65187	78.50	1.27411	21.50
23	81898-6	4.81946	4.08370	84.73	0.73576	15.27
24	21900-7	4.00858	3.70762	92.49	0.30096	7.51
25	21901-1	5.39933	4.61983	85.56	0.77950	14.44
26	21902-3	5.62443	2.83372	50.38	2.79071	49.62
27	21903-1	5.00112	2.65801	53.15	2.34311	46.85
28	21904-1	12.18293	5.82901	47.81	6.36392	52.19
29	21905-1	8.95643	5.03235	56.19	3.92408	43.81
30	21906-1	7.05015	4.65045	65.96	2.39970	34.04
31	21908-1	6.29075	5.64269	89.70	0.64806	10.30
32	21909-1	4.26278	3.11137	72.99	1.15141	27.01
33	21910-1	3.68239	3.33947	90.69	0.34292	9.31
34	21911-1	4.88126	2.64845	54.26	2.23281	45.74
35	21912-7	3.08717	2.95472	95.71	0.13245	4.29
36	21913-1	5.53999	5.07657	91.64	0.46342	8.38
37	21914-4	7.78162	3.02118	50.39	3.86044	49.61
Media = 75.53735						24.46265

Est. = Estación de muestreo
Mat. = Material

Anexo II.- Porcentajes de sedimentos finos y gruesos en las muestras superficiales.

Estación	Núcleo	Abundancias absolutas (# de org)	Densidad (org/g)
1	21842-5	389	90338
2	21843-1	323	23384
3	21846-3	431	91902
4	21852-1	307	15001
5	21855-1	305	5883
6	21856-2	454	14511
7	21857-1	480	7153
8	21864-1	240	2188
9	21865-1	29	758
10	21873-1	388	6191
11	21874-1	2	62
12	21894-7	81	781
13	21875-7	240	7151
14	21876-1	181	3453
15	21877-1	324	103165
16	21878-2	108	1911
17	21880-3	311	16000
18	21882-1	13	828
19	21886-3	355	23437
20	21892-1	351	5585
21	21893-1	131	954
22	21895-9	212	3717
23	21898-6	230	5385
24	21900-7	265	10010
25	21901-1	184	9693
26	21902-3	1	30
27	21903-1	1	25
28	21904-1	13	321
29	21905-1	125	6585
30	21906-1	210	2985
31	21908-1	401	19952
32	21909-1	152	2578
33	21910-1	430	19938
34	21911-1	488	10549
35	21912-7	414	23149
36	21913-1	468	26108
37	21914-4	150	1658

Anexo III.- Abundancias absolutas y Densidad de radiolarios obtenidas por estación.

ANEXO IV. LISTA FAUNISTICA

Pylum PROTOZOA

Clase Actinopoda Calkins,

Subclase RADIOLARIA Muller, 1858.

Orden Polycystina Ehrenberg, 1838 emend. Riedel 1976.

Suborden SPUMELLARIA Ehrenberg, 1875.

Familia Astrosphaeridae Haeckel, 1882.

Género *Echinomma* Haeckel, 1882.

Echinomma leptodermum Jorgensen, 1900.

D.S.D.P., vol 38, p.1131 pl.1, figs. 13 y 14

D.S.D.P., vol 38, p.1132 pl.2, figs. 1-6

Género *Cromyechinus* Haeckel, 1882.

Cromyechinus borealis (Cleve, 1899).

D.S.D.P., vol 38, p.1132 pl.2, figs.7-15

Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.4

Familia Lithellidae Haeckel, 1862.

Género *Larcospira* Haeckel, 1887.

Larcospira minor (Jorgensen, 1900).

D.S.D.P., vol 38, p.1136 pl.5, figs.2-8

Género *Lithellus* Haeckel, 1862.

Lithellus spiralls Haeckel, 1860.

D.S.D.P., vol 38, p.1136 pl.5, fig.1

Familia Phorticiidae Haeckel, 1882.

Género *Phortidium* Haeckel, 1882.

Phortidium clevei (Jorgensen, 1900)

D.S.D.P., vol 38, p.1132 pl.4, figs.6-10

Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.5

Familia Spongodiscidae Haeckel, 1862. emend. Riedel 1976.

Género *Stylodictya* Ehrenberg, 1847. emend. Kozlova 1972.

Stylodictya validispina Jorgensen, 1900.
D.S.D.P., vol 38, p.1132 pl.4, figs.4
Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.2

Género *Spongotrochus* Haeckel, 1860.

Spongotrochus glacialis Popofsky, 1908.
D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.8
Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.4

Suborden NASEIARIA Ehrenberg 1875

Familia Artostrobiidae Riedel, 1976. emended. Foreman, 1973.

Género *Artobotrys* Petrushevskaya, 1971.

Artobotrys borealis (Cleve, 1899).
D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.24-27
Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No. 6 y 7

Familia Archicorythidae Haeckel, 1881 emended. Riedel, 1976.

Género *Cornutella* Ehrenberg, 1938.

Cornutella profunda Ehrenberg, 1854.
D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.15

Familia Cannobotryidae Haeckel, 1881. emended. Riedel, 1967.

Género *Amphimelissa* Jorgensen, 1905.

Amphimelissa setosa Cleve, 1899
D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.28-32
Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No. 10 y 11

Género *Botryocyrtis* Haeckel, 1887. emended. Nigrini, 1977.

Botryocyrtis platycephala (Ehrenberg, 1873.)
USSR. Acad. Nauk, vol.3, p.136, fig. 77, No. I-LX
D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.17-18
Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No. 8 y 9

Familia Plagoniidae Haeckel, 1881. emended. Riedel, 1976b.

Género *Pseudodictyophimus* Petrushevskaya, 1971.

Pseudodictyophimus gracilipes (Bailey, 1856).
D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.6 y 7
D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.1 y 5
Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.1

Familia Setopliiidae Haeckel, 1887.

Género *Lithomelissa* Ehrenberg, 1847.

Lithomelissa setosa (Jorgensen, 1900).

D.S.D.P., vol 38, p.1139 pl.8, figs.1-13

D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.19 y 23

Familia Stichocorythidae Haeckel, 1882

Género *Artostrobos* Haeckel, 1882

Artostrobos joergenseni Petrushevskaya, 1967

D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.12-13

Artostrobos annulatus (Bailey, 1856)

D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, figs.14

Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.12 y 13

Género *Lithomitra* Butschli, 1882

Lithomitra lineata Ehrenberg, 1838.

D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, fig.16

Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.16 y 17

Familia Theoperidae Haeckel, 1881. emended. Riedel, 1976b.

Género *Cycladophora* Ehrenberg, 1847a.

Cycladophora davisiana Ehrenberg, 1862.

D.S.D.P., vol 38, p.1145 pl.11, fig.9 y 10.

Journ. Quaternary Science, vol.6 fig.2, No.14 y 15

ESPECIES	DENSIDAD		FREC.	FREC. %
	TOTAL	(log N)+1		
1 <i>Amphimelissa setosa</i>	4619.79	4.66	34	91.89
2 <i>Artobotrys borealis</i>	265.01	3.42	33	89.19
3 <i>Artostrobos joergenseni</i>	241.27	3.38	26	70.27
4 <i>A. annulatus</i>	89.23	2.95	11	29.73
5 <i>Botryocytis platycephala</i>	3804.89	4.58	31	83.78
6 <i>Cornutella profunda</i>	26.39	2.42	12	32.43
7 <i>Cycladophora davisiana</i>	828.46	3.92	30	81.08
8 <i>Chromochlinus borealis</i>	615.46	3.79	31	83.78
9 <i>Echinomma leptodermum</i>	293.68	3.47	24	64.86
10 <i>Larcospira minor</i>	18.15	2.26	7	18.92
11 <i>Lithelius spiralis</i>	385.86	3.59	33	89.19
12 <i>Lithomelissa setosa</i>	32.94	2.52	6	16.22
13 <i>L. lineata</i>	102.30	3.01	16	43.24
14 <i>Phortidium clevei</i>	73.78	2.87	25	67.57
15 <i>Pseudodictyophimus gracilipes</i>	1241.39	4.09	32	86.49
16 <i>Spongotrochus glacialis</i>	61.41	2.79	25	67.57
17 <i>Styiodictya validispina</i>	4.79	1.60	3	8.11
Media =		3.26		60.25

N=Densidad total
Frec. = Frecuencia

Anexo V.- Datos utilizados en la prueba estadística de Olmstead-Tukcy.

Est.	FACTOR I	FACTOR II	FACTOR III	TOTAL	FACTOR I %	FACTOR II %	FACTOR III %		
1	0.874	-0.460	* 0	0.031	0.905	96.6	0.0	3.4	
2	0.851	-0.487	* 0	0.019	0.870	97.8	0.0	2.2	
3	0.931	-0.338	* 0	-0.002	* 0	0.931	100.0	0.0	0.0
4	0.910	-0.407	* 0	0.007	0.917	99.2	0.0	0.8	
5	0.950	-0.298	* 0	0.002	0.952	99.8	0.0	0.2	
6	0.901	-0.158	* 0	0.049	0.950	94.8	0.0	5.2	
7	0.906	-0.417	* 0	0.044	0.950	95.4	0.0	4.6	
8	0.812	-0.530	* 0	0.207	1.019	79.7	0.0	20.3	
10	0.700	0.579		0.410	1.689	41.4	34.3	24.3	
12	0.310	0.599		0.654	1.563	19.8	38.3	41.8	
13	0.714	0.656		0.212	1.582	45.1	41.5	13.4	
14	0.686	0.645		0.256	1.587	43.2	40.6	16.1	
15	0.822	0.559		-0.101	* 0	1.381	59.5	40.5	0.0
16	0.755	-0.621	* 0	0.146	0.901	83.8	0.0	16.2	
17	0.770	0.608		-0.129	* 0	1.378	55.9	44.1	0.0
19	0.810	0.570		-0.118	* 0	1.380	58.7	41.3	0.0
20	0.794	0.571		-0.134	* 0	1.365	58.2	41.8	0.0
21	0.433	0.331		0.694	1.481	29.8	22.7	47.5	
22	0.859	0.437		-0.177	* 0	1.296	66.3	33.7	0.0
23	0.858	0.472		-0.167	* 0	1.330	64.5	35.5	0.0
24	0.757	0.627		-0.182	* 0	1.384	54.7	45.3	0.0
25	0.815	0.497		-0.178	* 0	1.312	62.1	37.9	0.0
29	0.791	0.534		0.242	1.557	50.5	34.1	15.4	
30	0.973	0.186		-0.099	* 0	1.159	84.0	16.0	0.0
31	0.928	0.343		-0.124	* 0	1.271	73.0	27.0	0.0
32	0.755	0.439		0.415	1.609	48.9	27.3	25.8	
33	0.963	0.235		-0.118	* 0	1.198	80.4	19.6	0.0
34	0.972	0.175		-0.146	* 0	1.147	84.7	15.3	0.0
35	0.745	0.623		-0.221	* 0	1.368	54.5	45.5	0.0
36	0.987	0.123		-0.095	* 0	1.110	88.9	11.1	0.0
37	0.838	0.419		0.254	1.511	55.5	27.7	16.8	
	0.812	0.210	0.053		= MEDIA				
	72.950	20.730	3.713		= VARIANZA				
					(%)				

Est. = Estación

Anexo VI.- Resultados del análisis de factores en su modo "Q" en muestras superficiales.

EST.	NUCLEO	TAMANO DEL NUCLEO (cm)	NIVEL REVISADO (cm)	LOCALIZACION	
4	21852-1	38-39	0-38	70°15.22' N	15°49.43' W
33	21910-1	37-38	0-13,21,37	75°37.00' N	01°19.90' E
37	21914-4	40-41	0-14,20,40	73°58.03' N	07°39.86' E
*	23352-2	35-36	0 - 36	70°01.00' N	12°25.00' W

Est. = Estación

* Núcleo estudiado por Molina-Cruz (1991)

Anexo VII- Localización de los núcleos estudiados.

NUCLEO 21852-1

NIVEL (cm)	PESO MUESTRA	PESO MAT.FINO	%	PESO MAT.GRUESO	%
0-1	3.86025	2.63106	73.34	1.02919	26.66
2-3	1.03716	0.89717	86.50	0.13999	13.50
4-5	0.96304	0.78749	81.77	0.17555	18.23
6-7	1.05911	0.88884	83.92	0.17027	16.08
8-9	1.11343	0.96483	86.65	0.1486	13.35
10-11	1.0976	0.9732	88.67	0.1244	11.33
12-13	1.11337	0.98855	88.79	0.12482	11.21
14-15	1.30084	1.19909	92.18	0.10175	7.82
16-17	1.15317	1.04846	90.92	0.10471	9.08
18-19	1.19197	1.07755	90.40	0.11442	9.60
20-21	1.30592	1.15963	88.81	0.14609	11.19
22-23	1.59472	1.30465	81.81	0.29007	18.19
24-25	1.06973	0.93445	87.35	0.13528	12.65
26-27	0.84179	0.70281	83.49	0.13898	16.51
28-29	1.62902	1.40591	86.30	0.22311	13.70
30-31	1.17077	0.97257	83.07	0.1982	16.93
32-33	1.16032	1.00198	86.35	0.15834	13.65
34-35	1.65149	1.35032	81.76	0.30117	18.24
36-37	1.23236	1.00995	81.95	0.22241	18.05
38-39	2.34926	1.97091	83.89	0.37835	16.11

NUCLEO 21910-1

NIVEL (cm)	PESO MUESTRA	PESO MAT.FINO	%	PESO MAT.GRUESO	%
0-1	3.88239	3.33947	90.69	0.34292	9.31
1-2	1.05295	1.01005	95.93	0.04290	4.07
3-4	1.53121	1.47357	96.24	0.05764	3.76
5-6	1.70675	1.63159	95.60	0.07516	4.40
7-8	1.7431	1.68047	96.41	0.06263	3.59
9-10	1.7678	1.70128	96.24	0.06652	3.76
11-12	1.43437	1.35739	94.63	0.07698	5.37
13-14	2.48235	1.86247	75.03	0.61988	24.97
21-22	1.9899	1.79493	90.20	0.19497	9.80
37-38	2.3558	2.02063	85.77	0.33517	14.23

NUCLEO 21914-4

NIVEL (cm)	PESO MUESTRA	PESO MAT.FINO	%	PESO MAT.GRUESO	%
0-1	7.78162	3.92118	50.39	3.86044	49.61
2-3	1.10963	1.02612	92.47	0.08351	7.53
4-5	1.79234	1.48237	81.59	0.32997	18.41
6-7	1.83744	1.28484	69.93	0.5526	30.07
8-9	2.08615	1.60093	76.74	0.48522	23.26
10-11	1.8984	1.23567	65.09	0.66273	34.91
12-13	2.18423	1.09263	50.02	1.0916	49.98
20-21	2.35154	1.47737	62.83	0.87417	37.17
40-41	2.47928	1.81225	73.10	0.66703	26.90

Anexo VIII.- Porcentajes de sedimentos finos y gruesos de los núcleos estudiados.

NUCLEO 21852-1

Nivel (cm)	FACTOR I	FACTOR II	FACTOR III	TOTAL	FACTOR I %	FACTOR II %	FACTOR III %
2.000	0.900	-0.430 *	0.002	1.332	67.6	32.3	0.2
4.000	0.907	-0.415 *	-0.004 *0	1.322	68.6	31.4	0.0
6.000	0.908	-0.415 *	0.001	1.324	68.6	31.3	0.1
8.000	0.892	-0.449 *	0.019	1.360	65.6	33.0	1.4
10.000	0.854	-0.516 *	0.035	1.405	60.8	36.7	2.5
12.000	0.886	-0.461 *	0.011	1.358	65.2	33.9	0.8
14.000	0.885	-0.462 *	0.014	1.381	65.0	33.9	1.0
16.000	0.839	-0.543 *	0.033	1.415	59.3	38.4	2.3
18.000	0.838	-0.543 *	0.029	1.410	59.4	38.5	2.1
20.000	0.804	-0.588 *	0.041	1.433	56.1	41.0	2.9
24.000	0.800	-0.590 *	0.042	1.432	55.9	41.2	2.9
26.000	0.791	-0.593 *	0.029	1.413	56.0	42.0	2.1
28.000	0.927	-0.315 *	-0.025 *0	1.242	74.6	25.4	0.0
30.000	0.942	-0.021 *	-0.089 *0	0.963	97.8	2.2	0.0
34.000	0.813	-0.579 *	0.041	1.433	56.7	40.4	2.9
MEDIA =	0.868	-0.461	0.012				

NUCLEO 21910-1

Nivel (cm)	FACTOR I	FACTOR II	FACTOR III	TOTAL	FACTOR I %	FACTOR II %	FACTOR III %
1.000	0.965	0.211	-0.150 *	1.328	72.8	15.9	11.3
3.000	0.935	0.309	-0.155 *	1.399	66.8	22.1	11.1
5.000	0.981	0.120	-0.142 *	1.243	78.9	9.7	11.4
7.000	0.858	0.484	-0.162 *	1.504	57.0	32.2	10.8
9.000	0.619	0.524	-0.170 *	1.513	54.1	34.6	11.2
MEDIA =	0.912	0.330	-0.156				

NUCLEO 21914-4

Nivel (cm)	FACTOR I	FACTOR II	FACTOR III	TOTAL	FACTOR I %	FACTOR II %	FACTOR III %
2.000	0.978	-0.127 *	0.077 *0	1.103	88.5	11.5	0.0
4.000	0.973	-0.013 *	-0.006 *	0.992	98.1	1.3	0.6
6.000	0.982	0.058 *0	-0.061 *	1.043	94.2	0.0	5.8
MEDIA =	0.977	-0.027	0.003				

VARIANZA 72.950 20.730 3.720
(%)

Anexo X.- Resultados del análisis de factores en su modo "Q" de las muestras de núcleo.

NUCLEO 21852-1

Nivel (cm)	Ab. abs. #	Densidad (org/g)
0-1	308	15079
2-3	387	25412
4-5	316	17192
6-7	342	18280
8-9	407	28373
10-11	422	30912
12-13	488	34040
14-15	437	60556
16-17	373	68424
18-19	464	73942
20-21	322	149491
22-23	3	282
24-25	332	182613
26-27	332	127682
28-29	284	12327
30-31	108	5159
32-33	2	266
34-35	342	141143
36-37	1	79
38-39	10	4585
Media=	283	49792

NUCLEO 21910-1

Nivel (cm)	Ab. abs. #	Densidad (org/g)
0-1	430	15735
1-2	348	309728
3-4	357	287819
5-6	494	93605
7-8	360	35839
9-10	183	19089
11-12	4	1143
13-14	6	248
21-22	0	0
37-38	0	0
Media=	242	84923

NUCLEO 21914-4

Nivel (cm)	Ab. abs. #	Densidad (org/g)
0-1	150	1658
2-3	363	145271
4-5	370	55708
6-7	279	6362
8-9	30	1512
10-11	5	225
12-13	22	999
20-21	0	0
40-41	1	22
Media=	136	23529

Ab. abs. = Abundancias absolutas

Anexo IX.- Abundancias relativas y Densidad de radiolarios obtenidas por núcleo.