

DISTRIBUCIÓN Y MICROTAFONOMÍA DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN EL SECTOR ATLÁNTICO DEL OCÉANO ANTÁRTICO

M. A. BÁRCENA y J. A. FLORES

Área de Paleontología. Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias.
37008 Salamanca.

ABSTRACT

The present work discusses the variations in paleoproductivity in the Upper Quaternary of the Antarctic Ocean between South Shetland and South Georgia Islands, that have occurred as a result of the position of the Polar Front and the particular oceanic dynamics affecting this area.

A study has been made of the assemblages of Diatoms, taking into account the overall abundance of valves, qualitative differentiation and also the Centrales/Pennales relationship. Additionally, a study has been made of the state of preservation, based on a scale centered on the resistance of the different taxa to siliceous dissolution. Whith the results, a series of biogeographic areas has been defined.

The scheme and the results proposed are contrasted with data obtained by biochemical techniques from present masses of water.

Keywords: Diatoms. Microtaphonomy. Preservation. Paleoproductivity. Holocene. Antarctic Ocean.

RESUMEN

Se ha realizado un estudio de las asociaciones de Diatomeas del Holoceno del Océano Antártico entre las islas Shetland y la isla Georgia del Sur, para lo que se ha tenido en cuenta la abundancia total de valvas, diferenciación cualitativa, así como la relación centradadas/pennadas. Igualmente, se ha llevado a cabo un estudio acerca de la preservación, basado en una escala que se centra en la resistencia que los diferentes táxones ofrecen a la disolución silíceo. Con todo, se han definido una serie de áreas biogeográficas, que ponen de manifiesto las variaciones en paleoproductividad, como consecuencia de la posición del Frente Polar, y la particular dinámica oceánica que rige este área.

El esquema y resultados propuestos se contrastan con datos obtenidos mediante técnicas bioquímicas en las masas de agua del presente.

Palabras clave: Diatomeas. Microtafonomía. Preservación. Paleoproductividad. Holoceno. Océano Antártico.

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA

En el Océano Glacial Antártico se define una de las zonas de surgencia de aguas profundas más características del Planeta, determinando un área de alta productividad a la que se asocia un elevadísimo desarrollo de organismos (Bunt, 1963; Bunt & Wood, 1963). Las particulares características oceanográficas de la zona dan lugar a que el nivel de compensación de carbonatos aflore (Kennett, 1982), impidiendo la preservación de organismos con caparazón calcáreo. Todo esto da lugar a que únicamente se reconozcan restos de organismos silíceos, hasta el punto de constituir el componente mayoritario de los sedimentos (Burckle, Robinson & Cooke, 1982; Schuette & Schrader, 1981). La importancia paleogeográfica, paleoecológica y paleoceanográfica, en general, del reconocimiento y caracterización de sedimentos con estos rasgos en el registro fósil, hace

conveniente el estudio de sedimentos actuales, empleando técnicas propias de la Micropaleontología, por otra parte, factibles de contrastar con resultados obtenidos por otras de naturaleza biológica, dada la *cuasi* contemporaneidad (véase, por ejemplo, Gersonde & Wefer, 1987). Un tratamiento de estas características permitirá, a su vez, la obtención de datos difíciles de valorar en su justa medida en sedimentos más antiguos, tales como el estado de conservación de los organismos y su relación con la dinámica del medio.

Diferentes trabajos desarrollados en esta zona han puesto de manifiesto que son las Diatomeas el componente biogénico fundamental (Barron & Burckle, 1987; Pichon *et al.*, 1987; Gersonde & Wefer, 1987), hecho que, tras comprobado en los análisis preliminares (Bárcena & Flores, 1990), determinó que el trabajo se centrara en su estudio.

El área elegida se sitúa entre las coordenadas 52° 00' 0"-62° 59' 1" S y 34° 31' 2"-62° 22' 0" W, y com-

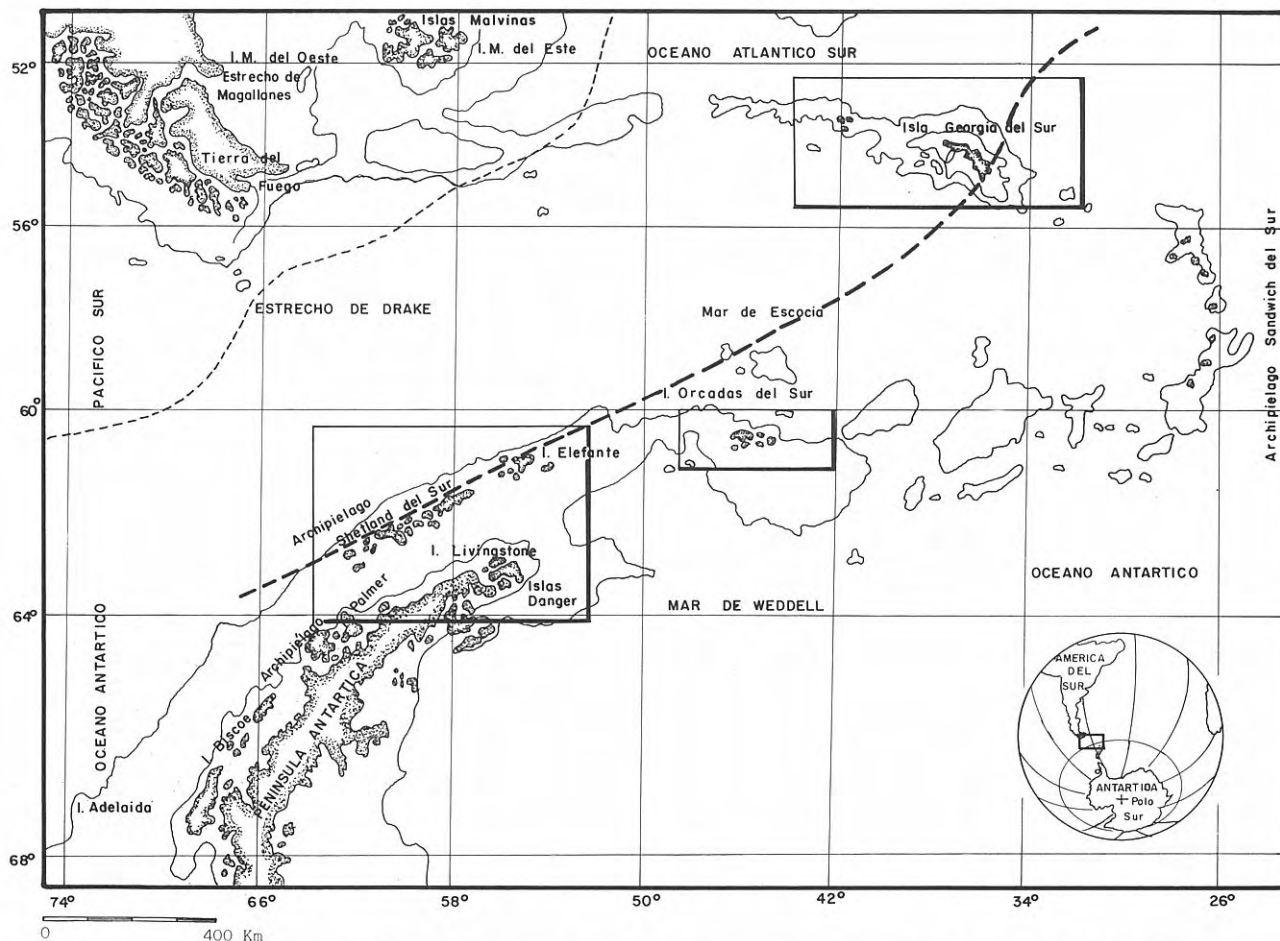


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio. La línea discontinua fina indica la posición de la Convergencia Antártica; la línea gruesa marca el límite preservacional-paleoproductivo de los análisis realizados en este trabajo.

prende las islas Georgia del Sur, y los archipiélagos Orcadas del Sur y Shetland del Sur (Fig. 1). Las muestras fueron recogidas en la campaña "Antártida 8611" que llevo a cabo el Instituto Español de Oceanografía en el verano austral de 1986-87.

MATERIALES Y TÉCNICAS

Se han analizado un total de 55 muestras pertenecientes a sedimentos superficiales, obtenidos mediante arrastre con una draga Shipeck, a una batimetría entre 70 y 400 m.

El componente mayoritario es biogénico (Diatomeas, fundamentalmente, junto con espículas de Esponjas, Silicoflagelados y Arqueomonadales), al que, en proporción variable, se asocia diferente cantidad de detritos, granos de cuarzo de tamaño entre limo y arena fina, esencialmente.

Para los análisis se ha empleado la microscopía óptica, recurriendo a la electrónica de manera ocasional para la confirmación de determinadas características morfológicas o preservacionales.

En el tratamiento de las muestras se ha usado la técnica propuesta por Bárcena y Flores (1990), que a partir del control de una serie de parámetros (masa de sedimento seco, volumen de fluido englobante, volumen de extracción y superficie de exten-

sión en placa) permite el cálculo del número de valvas por gramo de sedimento.

Para la definición de asociaciones se propone el recuento de alrededor de 500 ejemplares por muestra, lo que, de acuerdo con Dennison & Hay (1967), permite el registro de aquellos táxones que aparecen en proporción superior al 1%, con una probabilidad de acierto del 95%.

TAFONOMÍA

En la distribución areal y configuración definitiva de las asociaciones de Diatomeas, son dos los factores que pueden resultar determinantes: por un lado, el transporte (Burckle & Stanton, 1975); por otro, la disolución (y fragmentación) diferencial a la que se ve sujeta la sílice biogénica (Bennekom *et al*, 1988), máxima en los primeros metros de la columna de agua (Kennett, 1982).

La evaluación de los efectos del transporte es complicada, e imposible en todo caso de resolver sin la ayuda de otras técnicas de disciplinas como la sedimentología, oceanografía, etc. No sucede lo mismo con la disolución, dado que su influencia puede ser controlada con un análisis micropaleontológico.

El poder evaluar la disolución posee un doble interés: la correcta interpretación (paleo)ecológica,

biogeográfica, etc., de las asociaciones, así como la posibilidad de compararlo con la productividad del medio, al reconocerse una relación entre disolución progresiva y disminución en el aporte de nutrientes (De Vries & Schrader, 1981; Schuette & Schrader, 1981; Burckle, 1984). Por ello se utilizará el término *paleoproductividad* en aquellos casos en los que se han empleado técnicas propias de la micropaleontología, reservando *productividad* cuando los datos al respecto se han inferido por otra vía (concentración de microorganismos por volumen de agua, bioquímica, etc.). En cualquier caso, dadas las características de los sedimentos y la práctica contemporaneidad, pueden considerarse equivalentes.

Con el fin de aproximar el efecto de la disolución en las asociaciones, se ha construido una escala de preservación inspirada en la existente para otros grupos micropaleontológicos; en concreto siguiendo la terminología que Flores (1985) propone para el Nanoplancton calcáreo.

Se parte de las observaciones que Gersonde & Wefer (1987) realizaron respecto al grado de silicificación de distintos táxones, y de las estimaciones de Burckle (1984) en relación al aspecto general de las muestras con Diatomeas, así como del trabajo realizado por Shemesh *et al.* (1989) en cuanto a la resistencia que algunos táxones ofrecen a la disolución. En el establecimiento de las diferentes categorías preservacionales, se han tenido en cuenta, por un lado, el grado de silicificación relativo de distintos táxones; y por otro, el grado en que ese fenómeno afecta a la ornamentación de cada taxon, así como a la fracturación que puede inducir (despreciando la debida al tratamiento para la preparación de placas).

De acuerdo con estas premisas, se han definido cuatro categorías:

EXCELENTE: Muestras en las que no se observa una clara alteración de los componentes, reconociéndose formas con un grado bajo de silicificación (*Porosira* spp., *Thalassiosira antarctica* Comber en estado vegetativo, *Corethron criophillum* Castracane, etc.) junto con otras con mayor grado de silicificación. Coincide este hecho con un mayor número de táxones en las asociaciones y bajo grado de fragmentación. La totalidad de los táxones muestran los rasgos diferenciales para su identificación.

BUENA: Muestras en las que se observa una incipiente disolución en sus componentes. Los táxones pobremente silicificados no aparecen con regularidad, y de registrarse, muestran signos evidentes de disolución en sus estructuras ornamentales. Se incrementa la proporción relativa de las formas moderada y altamente silicificadas. Se produce un descenso en el número de táxones e incremento en la fracturación. En ningún caso dominan las formas fracturadas y la identificación se lleva a cabo sin dificultades (Fig. 2).

MODERADA: Muestras en las que la disolución de sus integrantes silíceos es patente. Se produce un incremento de los táxones más silicificados (*Nitzschia kerguelensis* (O'Meara) Hasle, *Eucampia antarctica* (Castracane) Manguin, entre otros), si bien aún

siguen reconociéndose algunos con moderada silicificación, en los que se observa un incremento en la disolución de sus estructuras, dificultando en ocasiones su identificación. Se reduce el número de táxones (Fig. 2).

MALA: Muestras en las que la disolución se acentúa considerablemente. De aparecer, lo hacen únicamente los táxones con alto grado de silicificación, siempre fragmentados y disueltos parcialmente. El número de táxones es muy bajo (Fig. 2).

Para nuestra zona de estudio, se ha observado una relación directa entre el grado de alteración de las muestras y el contenido en táxones resedimentados. Este hecho es de fácil explicación si se tiene en cuenta que, por lo general, las formas resedimentadas suelen presentar una considerable silicificación, y a que, muy probablemente, no han seguido el mismo recorrido dentro de la columna de agua que otras formas autóctonas.

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

En las 55 muestras estudiadas se identificaron un total de 43 especies que aparecen enumeradas en el apéndice taxonómico.

Con el objeto de definir una serie de agrupaciones que pudieran dar información acerca de condiciones (paleo)ecológicas y (paleo)oceanográficas, se tuvo en cuenta para cada una de las muestras:

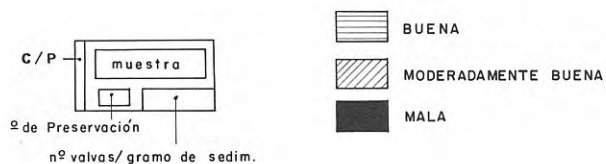
- 1) Ubicación.
- 2) Número de valvas por gramo de sedimento.
- 3) Asociación de Diatomeas, teniendo en cuenta la presencia y/o ausencia de táxones representativos.
- 4) Relación centradas/pennadas (expresada como C/P).
- 5) Preservación.

Con su control y comparación pueden extraerse

		TAXONES	PRESERVACION	
↑ SILICIFICACION — DISOLUCION ↓		<i>Porosira</i> spp. <i>Thalassiosira antarctica</i> <i>Thalassiosira ritscheri</i> <i>Nitzschia cylindrus</i> <i>Nitzschia pseudonana</i>		BUENA
		<i>Nitzschia curta</i> <i>Nitzschia lineata</i> <i>Nitzschia ritscheri</i> <i>Chaetoceros</i> spp. (espora y veg.)		
		<i>Nitzschia kerguelensis</i> <i>Actinocyclus actinochilus</i> <i>Thalassiotrix longissima</i> <i>Thalassiosira antarctica</i> (espora) <i>Schimpirella antarctica</i> <i>Rizosolenia</i> spp. <i>Eucampia balastium</i> Especies bentónicas	MALA	

Figura 2. Escala de preservación de Diatomeas.

LEYENDA



PENNALES		CENTRALES	
	COCONEIS		ACTINOCYCLUS
	NAVICULA		COSCINODISCUS
	NITZSCHIA		CHAETOCEROS
	THALASSIONEMA		RHIZOLENIA
	THALASSIOTHRIX		THALASSIOSIRA
	OTROS		EUCAMPIA ANTARCTICA
	OTROS		OTROS

Leyenda de las figuras 3, 4 y 5.

resultados acerca de la paleoproduktividad (tanto por abundancia como por disolución), condiciones del medio de depósito y desarrollo de las Diatomeas.

Tal como se muestra en las Figuras 3, 4 y 5, en las que se sintetizan dichos resultados, se observa una gran fluctuación entre las características de las muestras, que no impidió, no obstante, que pudieran ser reunidas en una serie de "grupos" que ocupan áreas concretas.

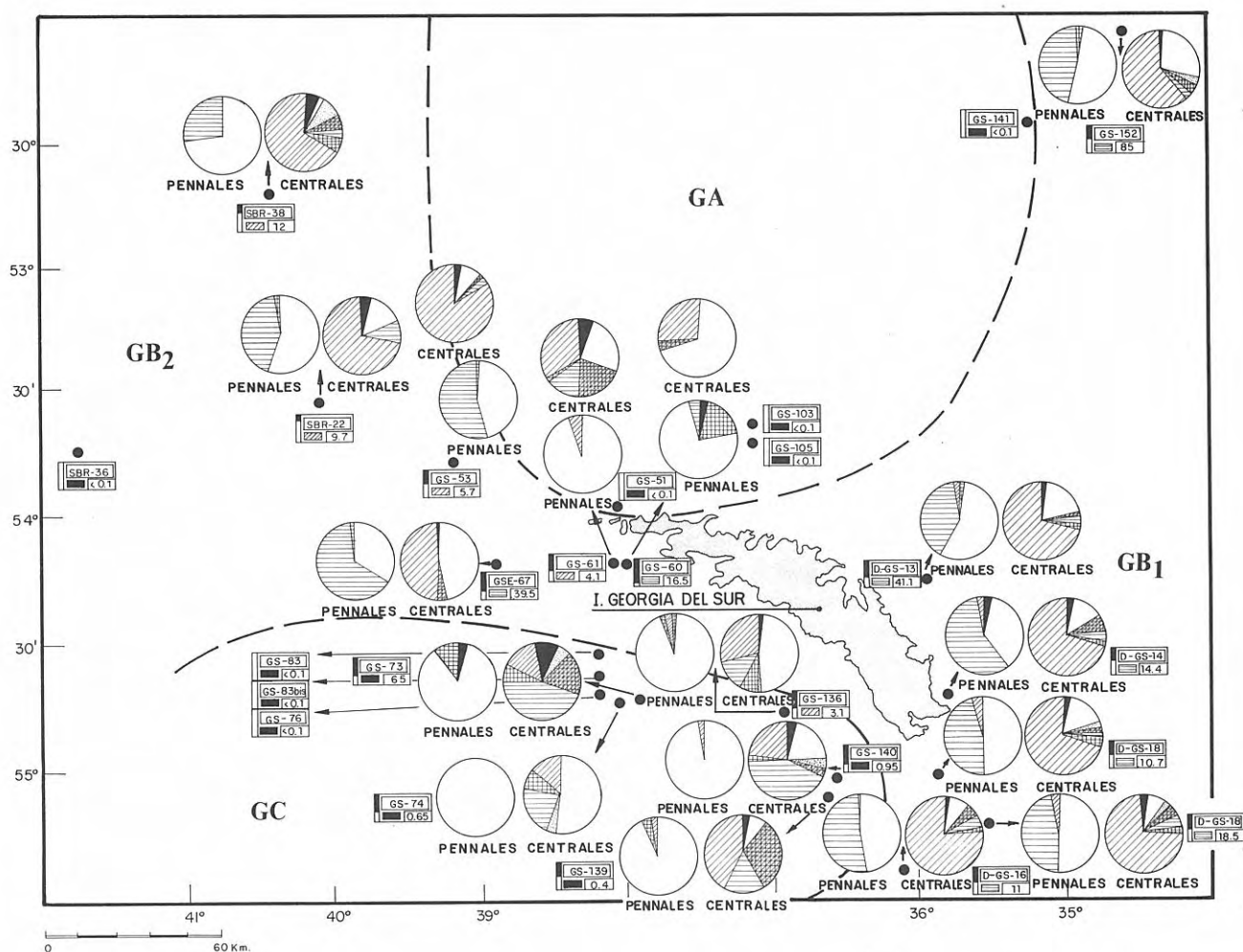
ARCHIPIÉLAGO GEORGIAS DEL SUR

Dividido en cuatro áreas biogeográficas (Fig. 3):

AREA GA: En ella se encuentran agrupadas las muestras GS-142, GS-103, GS-105 y GS-51, caracterizadas por la baja concentración de valvas por gramo de sedimento. Los táxones que aparecen representados se corresponden con ejemplares que presentan una alta silicificación, esporas de *Chaetoceros* spp. y táxones resedimentados. Una preservación "Mala".

AREA GB: Con dos subáreas:

SUBAREA GB₁: En esta subárea se sitúan la mayoría de las muestras estudiadas, GS-152, GS-53, GS-60, GS-61, GSE-67, D-GS-13, D-GS-14, D-GS-18,



Figuras 3, 4 y 5. Representación de las características asociacionales y preservacionales de las muestras analizadas y delimitación de áreas biogeográficas en los archipiélagos: 3) Georgia del Sur, 4) Orcadas del Sur y 5) Shetland del Sur.

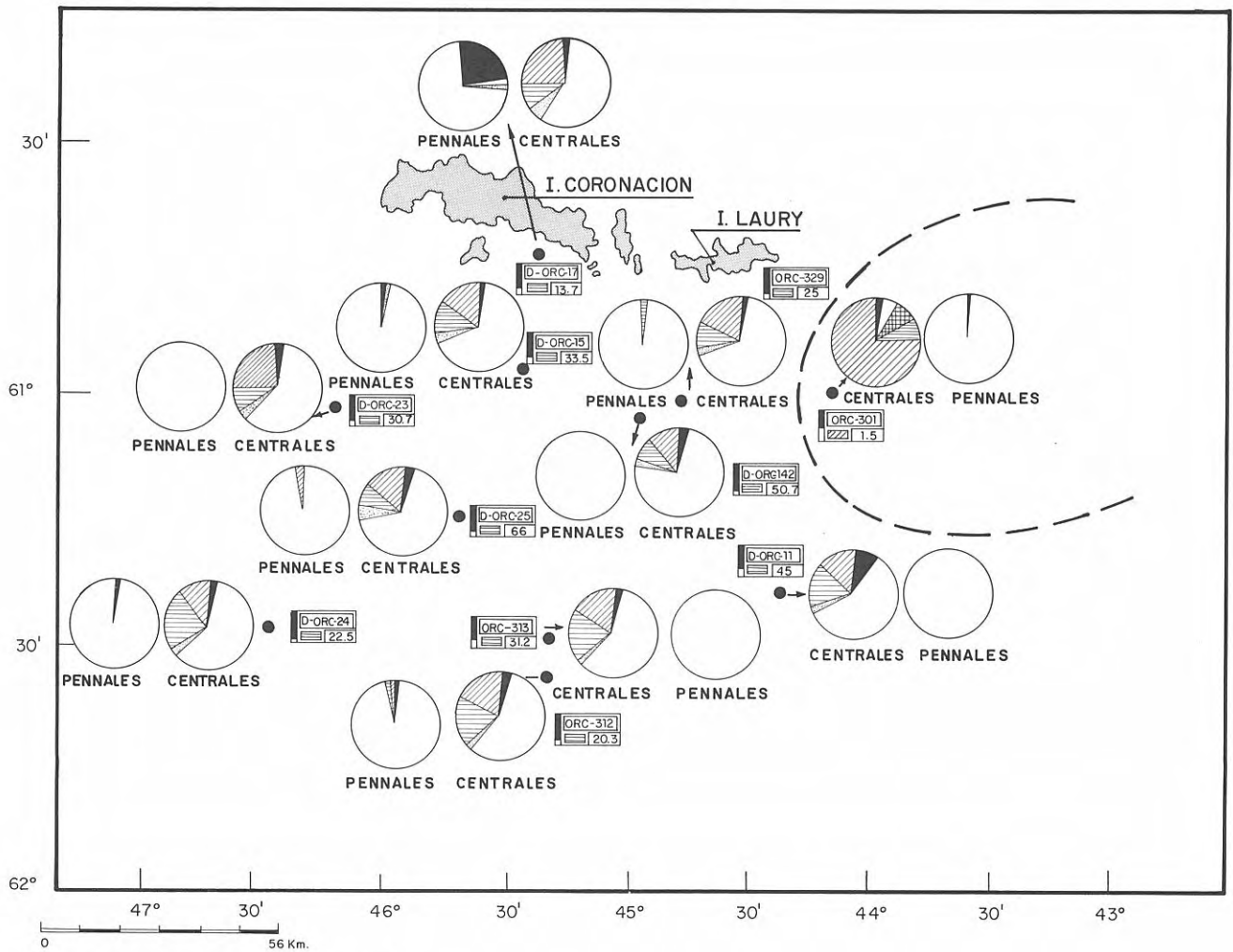


Figura 4. Orcadas del Sur (ver Fig. 3).

D-GS-15, D-GS-16. Se observa en todas ellas un elevado número de valvas por gramo de sedimento. Por otro lado, la relación C/P se sitúa en torno a 60/40. Los táxones mejor representados en la asociación de Diatomeas centradas, son *Thalassiosira* spp. y *Chaetoceros* spp.; *Eucampia antarctica* aparece con valores en torno al 2%. Entre las pennadas dominan *Nitzschia* spp. y *Thalassionema* spp.; *N. curta* (Van Heurck) Hasle aparece con valores en torno al 1%. La preservación general es "Buena".

SUBAREA GB₂: En ella se localizan las muestras SBR-38 y SBR-22. En ambas se observa un elevado número de valvas por gramo de sedimento. Sin embargo, la relación C/P se decanta claramente a favor de las pennadas. La asociación de centradas está dominada por *Thalassiosira* spp.; *E. antarctica* presenta valores en torno al 2%; *Chaetoceros* spp., no supera el 1%. Las pennadas están caracterizadas fundamentalmente por *Nitzschia* spp.; no obstante, *Thalassionema* spp. representa entre el 20 y 30% de la asociación. *N. curta*, al igual que en el área anterior, no alcanzan altos porcentajes. Las muestras presentan una preservación "Buena".

AREA GC: Incluye las muestras GS-83, GS-83bis, GS-76, GS-73, GS-74, GS-136, GS-140, GS-139, y se

caracterizan por su bajísima proporción en la relación C/P. La asociación de centradas presenta una gran variabilidad de unas muestras a otras, aunque en todas ellas se observa un incremento de *Rhizosolenia* spp. y de *E. antarctica*. En la asociación de pennadas *Nitzschia* spp. es la que domina; no se registra *Thalassionema* spp. La preservación es "Mala".

Contrastan las áreas GA y GC, cuya preservación es "Mala" y su abundancia baja, con la buena preservación y mayor abundancia del área GB. La proximidad del Frente Polar y la consiguiente definición de la Convergencia Antártica, con la dinámica de aguas subsidentes (Burckle & Cirilli, 1987), explicaría las características que presentan las zonas GA y GC, así como la considerada como GB₂. Sin embargo, en zonas protegidas de los vientos de componente oeste, se definen focos con alta paleo-productividad, como es el que se ha observado en el área GB₁.

El esquema propuesto ha sido contrastado con los datos (Mariño, 1989) sobre el estudio de clorofila "a" en la columna de agua. Considerando el probable (si bien estimamos que leve) diacronismo existente, se pone de manifiesto la perfecta coincidencia entre las áreas caracterizadas por nosotros con mayor

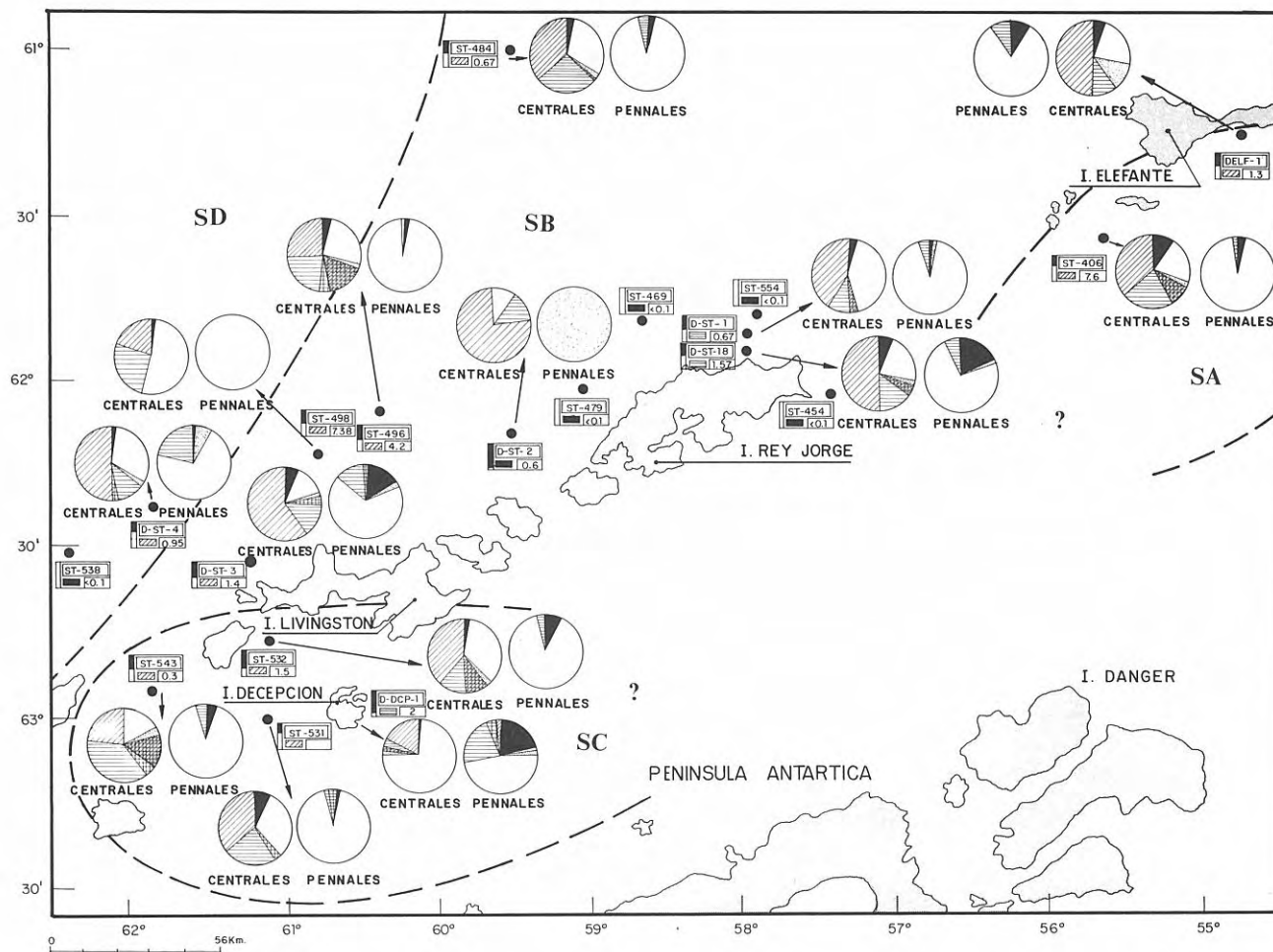


Figura 5. Shetland del Sur (ver Fig. 3).

paleoproduktividad, y las que presentan mayor contenido en clorofila "a".

ARCHIPIÉLAGO DE LAS ORCADAS DEL SUR (Figura 4)

En términos generales, es en este archipiélago donde se han observado los valores máximos de valvas por gramo de sedimento: desde $13,7 \times 10^6$ de la muestra D-ORC-17, a los $65,9 \times 10^6$ de la D-ORC-25. La asociación de centradas presenta como taxon dominante *Chaetoceros* spp. Las pennadas están caracterizadas por la presencia de *Nitzschia* spp. La preservación en todo el área es "Buena". Como una excepción, la muestra ORC-301, situada al Sureste de Isla Lauri, con un número de valvas por gramo

de sedimento excesivamente bajo: $1,5 \times 10^6$. En el análisis de la relación existente entre las centradas y las pennadas, se decanta a favor de las pennadas. En cuanto a los táxones que pueden definirse como dominantes de la asociación de las centradas, se observa una brusca disminución de *Chaetoceros* spp., siendo *Thalassiosira* spp. el que domina la asociación. En las pennadas continúa dominando *Nitzschia* spp. La preservación de esta muestra es "Moderada".

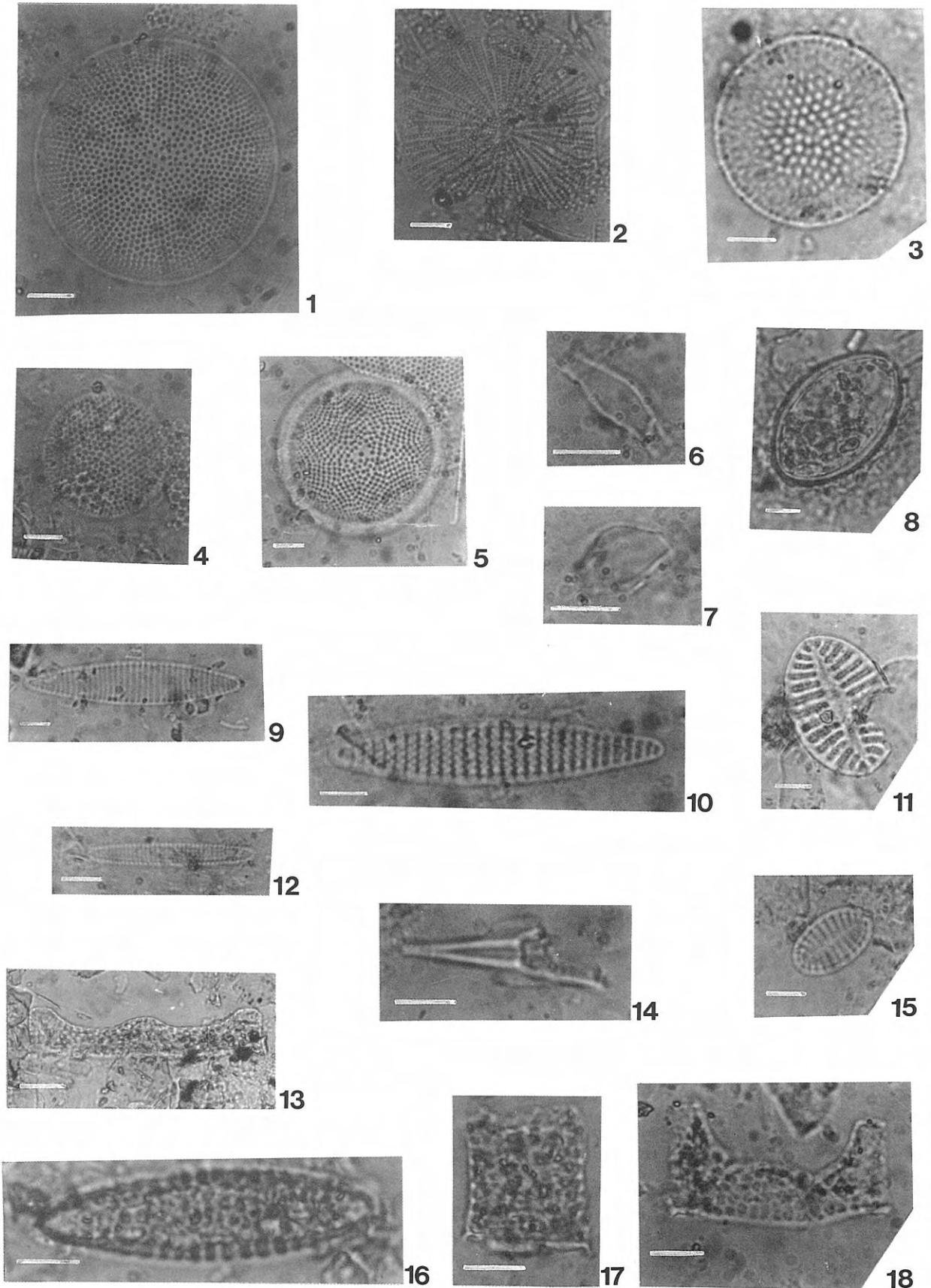
En este caso, las claras diferencias observadas en la muestra ORC-301 posibilitarían que se definiera una nueva zona biogeográfica, pero debido a la falta de muestras próximas y la consiguiente carencia de datos, no se ha tenido en cuenta.

La conclusión que puede extraerse es la alta

Lámina I.

1. *Actinocyclus ehrenbergii* Ralfs.
2. *A. actinochilus* (Ehernberg) Hustedt.
3. *Thalassiosira antarctica* Comber (estado espora).
4. *T. eccentrica* (Ehernberg) Cleve.
5. *Schimpirella antarctica* Karsten.
- 6, 7. *Chaetoceros* spp.
8. *Hemidiscus cuneiformis* Wallich.

9. *Nitzschia ritzscheri* (Hustedt) Hasle.
 10. *N. kerguelensis* (O'Meara) Hasle.
 - 11 y 15. *Cocconeis fasciolata* (Ehrenberg) Brow.
 12. *Nitzschia* sp.
 - 13, 16-18. *Eucampia antarctica* (Castracane) Manguin.
 14. *Rhizosolenia styliformis* Brightwell.
- Escala gráfica = 10μ .



(paleo)productividad que se define en el área, coincidente con observaciones de la misma índole llevadas a cabo por Burckle (1984) y Pichon *et al* (1987), y con las de Mariño (1989), que para la misma zona encuentra una altísima concentración de clorofila "a". Factores locales de distribución de las masas de agua, pueden ser los responsables de las anomalías puntuales que se observan (muestra ORC-301).

ARCHIPIÉLAGO DE LAS SHETLAND DEL SUR (Figura 5)

En este archipiélago se puede observar una disminución global del número de valvas por gramo de sedimento en relación a las otras áreas estudiadas, no superándose en ningún caso las 8×10^6 .

El poder diferenciar áreas biogeográficas, resulta bastante complicado en el caso de las Shetland, debido a la disparidad que hay entre las muestras. No obstante, se han diferenciado cuatro zonas que responden más a consideraciones geográficas, como la posición relativa de las muestras respecto al Frente Polar o respecto al archipiélago, que a consideraciones biológicas:

AREA SA: Situada al sur de Isla Elefante, en la que se localizan las muestras DELF-1 y ST-406; esta última presenta el número de valvas por gramo de sedimento más alto de todo el archipiélago: 7×10^6 . En ambas se observa un predominio de las Diatomeas pennadas. Los táxones mejor representados en la asociación de centradas son *Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia* spp. y *Thalassiosira* spp., observándose asimismo gran abundancia de *Actinocyclus* spp., a la vez que se registra de forma abundante *E. antarctica*. Las pennadas están dominadas por *Nitzschia* spp., entre las que destaca *N. curta* con un 25%. La preservación es "Moderada".

AREA SB: Situada en la vertiente norte del archipiélago, en la que se localizan las muestras ST-484, D-ST-1, D-ST-1B, ST-496, D-ST-2, ST-498, D-ST-3, ST-554, ST-469 y ST-479. El número de valvas por gramo de sedimento varía considerablemente de unas muestras a otras; desde las situadas más al norte, que se pueden considerar "estériles", hasta las situadas más al sur, en las que los ejemplares de Diatomeas son relativamente abundantes. La relación C/P se decanta a favor de las centradas; en éstas se observa un dominio de *Thalassiosira* spp. a la vez que *E. antarctica* aparece bien representada. Entre las pennadas, *Nitzschia* spp. aparece como dominante, destacando *N. curta*, con valores en torno al 30%. La preservación varía, aunque se mantiene "Moderada" en las muestras del sur.

AREA SC: Situada en la vertiente sur del archipiélago, agrupa las muestras ST-532, ST-543, D-DCP-1 y ST-531. El número de valvas por gramo de sedimento es relativamente abundante, a excepción de la muestra ST-543. La relación C/P favorece normalmente a las pennadas, observándose un incremento brusco de las centradas en D-DCP-1. La asociación de centradas tiene tres táxones bien representados: *Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia* spp. y *Thalassiosira* spp., exceptuando la muestra D-DCP-1, en

la que *Chaetoceros* spp. aparece como dominante; *E. antarctica* se registra en proporciones elevadas en las muestras peor preservadas. La asociación de pennadas de esta muestra presenta una gran variedad de táxones bentónicos, aunque sea *Nitzschia* spp. el que domina las pennadas, como ocurre en el resto de las muestras, *N. curta* representa el 10%. La preservación es "Moderada" en todas las muestras, salvo en D-DCP-1, que presenta una preservación "Buena".

AREA SD: Se corresponde con el estrecho de Drake, e incluye las muestras D-ST-4 y ST-538. Se puede observar una clara disminución del número de valvas por gramo de sedimento. La relación C/P favorece a las pennadas. Por otro lado, la asociación de centradas está dominada por *Thalassiosira* spp., mientras que *Nitzschia* spp. es el más abundante entre las pennadas, siendo *N. curta* la especie mejor representada, con valores en torno al 50%. La preservación es "Moderada".

El área, en general, no presenta un elevado grado de productividad, si bien entre las áreas definidas se dan diferencias sensibles. Las áreas SD y SB están caracterizadas por una preservación "Moderada", con un número variable en la concentración de valvas. Esto contrasta con los valores que se han observado en SA y SC, que, si bien con una preservación similar, muestran un número de valvas por gramo de sedimento superior, interpretándose una productividad relativamente mayor. El hecho de que estas dos áreas se localicen al sur de las islas, y la gran similitud cualitativa y cuantitativa que se observa, posibilitarían la definición de una única área, si bien la falta de muestras en puntos intermedios no hace posible su agrupación.

Nuevamente se observa una perfecta coincidencia entre los resultados expuestos y los que presenta Mariño (1989) en sus análisis de la clorofila "a".

DISCUSIÓN

Observando en conjunto los resultados expuestos en los apartados anteriores, sintetizados en las Figuras 3, 4 y 5, pueden extraerse una serie de conclusiones relativas a la paleoproductividad del medio.

En las zonas protegidas de los vientos de componente oeste de la isla Georgia del Sur (área GB₁) y en las de las Shetland del Sur (áreas SA y SC), así como en las Orcadas, se define una mayor paleoproductividad, condicionada probablemente por la dinámica costera, así como por la relativa lejanía del Frente Polar. Por el contrario, las áreas GA, GB₂ y GC de las Georgias del Sur, y SB y SD de las Shetland del Sur, muestran un bajo grado de preservación y una reducida concentración de Diatomeas. Así pues, tal como se muestra en el Figura 1, es posible definir una línea que separe esas áreas de paleoproductividad y preservación diferencial con un trazado subparalelo al del Frente Polar.

Pese a la coincidencia en abundancia y preservación de ciertas áreas, no se observan rasgos asociacionales que permitan una relación interareal. Cabe

destacar, no obstante, la presencia de *Nitzschia curta*, pequeña pennada habitante común en los mares helados (Kellogg & Kellogg, 1987; Leventer & Dunbar, 1987; 1988) en el archipiélago de las Shetland del Sur, con valores normalmente superiores al 10 %, mientras que en el archipiélago de las Georgias del Sur, no supera el 1 % en ningún caso. Sin embargo, la distribución de *Thalassiosira* spp., diatomea centrada muy extendida en aguas antárticas, pero no asociada a mares helados (Leventer & Dunbar, 1988), presenta patrones de distribución inversos a *N. curta*.

Eucampia antarctica es otro de los táxones tradicionalmente usados como indicador biogeográfico de proximidad del Frente Polar (Burckle & Cooke, 1983; Burckle, 1984). En el área estudiada aparece en mayor proporción en las Georgias del Sur y en las Shetland del Sur, siempre en muestras con una preservación mala o moderada. Su alto grado de silicificación es coherente con el hecho, y hace pensar que esa mayor abundancia en áreas como estas, pueda ser, no tanto efecto de una mayor presencia en la asociación primitiva, como un incremento relativo por disolución diferencial.

En resumen, puede concluirse que la paleoproductividad no se distribuye uniformemente. Los valores máximos se localizan en las zonas protegidas de los archipiélagos, siendo el de las Orcadas del Sur el que mejor representa un área de alta paleoproductividad, caracterizada por mostrar una asociación florística dominada por esporas de *Chaetoceros* spp., claro exponente de áreas con alto contenido de nutrientes (Sancetta, 1982; Williams, 1986). Los valores mínimos de paleoproductividad coinciden con el límite preservacional de las muestras localizadas en las áreas GA, GB₂, GC, SB y SD, influenciado en todo momento por la dinámica oceánica, como consecuencia de su proximidad al Frente Polar. Las asociaciones de Diatomeas presentan grandes variaciones para los distintos archipiélagos, si bien se dan focos de asociaciones similares, lo que ha permitido la definición de áreas biogeográficas para cada uno de los archipiélagos.

Los valores de paleoproductividad obtenidos en este trabajo, son perfectamente comparables con los recogidos por Mariño (1989) en cuanto a la concentración de clorofila "a" en las masas de agua antárticas durante la Campaña "Antártida 8611", como indicadores de la productividad del Océano Antártico.

AGRADECIMIENTOS

Las muestras para la realización de este trabajo han sido cedidas por el Instituto Español de Oceanografía, por mediación del Dr. Guillermo Mateu, al que queremos expresar nuestro agradecimiento. Al Ministerio de Educación y Ciencia por la concesión de una beca de Formación de Personal Investigador para la realización de este estudio. Al Prof. Dr. Jorge Civis, así como al resto de miembros del Área de Paleontología de la Universidad de Salamanca, por su apoyo y ayuda durante la realización de este estudio. Y, por último, al Prof. Dr. Marcos A. Lamolda y a los correctores anónimos, por su lectura crítica.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrantes, F. 1988. Diatom assemblages as upwelling indicators in surface sediments off Portugal. *Marine Geology*, **25**, (1), 15-39.
- Bárcena, M. A. y Flores, J. A. 1990. Ensayo de una técnica para la preparación y cuantificación de Diatomeas fósiles. *Actas IV Jornadas de Paleontología* (J. Civis y J. A. Flores, Edt.), 75-83.
- Barron, J. A. and Burckle, L. H. 1987. Diatoms from the 1984 USGS Antarctic cruise in the Ross sea. In the Antarctic continental margin: Geology and Geophysics of the Western Ross Sea, CPCEMR Earth Science Series, **5B**, Houston, Texas, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources.
- Bunt, J. S. 1963. Diatoms of Antarctic Sea-ice as agents of primary production. *Nature*, **199**, 1255-1257.
- Bunt, J. S. and Wood, E. J. F. 1963. Microalgae and Antarctic Sea-ice. *Nature*, **199**, 1254-1255.
- Burckle, L. H. and Stanton, D. 1975. Distribution of displaced Antarctic diatoms in the Argentine basin. *Third Symposium on Recent and Fossil Marine Diatoms*, Kiel, 283-292.
- Burckle, L. H., Robinson, D. and Cooke, D. 1982. Reappraisal of sea-ice distribution in Atlantic and Pacific sectors of the Southern Ocean at 18.000 years B. D. *Nature*, **299**, 435-437.
- Burckle, L. H. and Cooke, D. W. 1983. Late Pleistocene *Eucampia antarctica* abundance stratigraphy in the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Micropaleontology*, **29**, 6-10.
- Burckle, L. H. 1984. Ecology and paleoecology of the marine diatom *Eucampia antarctica* (Castr.) Mangin. *Marine Micropaleontology*, **9**, 77-86.
- Burckle, L. H. 1984. Diatom distribution and paleoceanographic reconstruction in the Southern Ocean: present and last glacial maximum. *Marine Micropaleontology*, **9**, 241-262.
- Burckle, L. H. and Cirilli, J. 1987. Origin of diatom ooze belt in the Southern Ocean: Implications for Late Quaternary paleoceanography. *Micropaleontology*, **33**, 82-86.
- Dennison, J. M. and Hay, W. W. 1967. Estimating the need sampling area for subaquatic ecologic studies. *Journal of Paleontology*, **43**, 706-708.
- De Vries, T. J. and Schrader, H. 1981. Variation of upwelling/oceanic during the Latest Pleistocene through Holocene off the Central Peruvian coast: a diatom record. *Marine Micropaleontology*, **6**, 157-167.
- Flores, J. A. 1985. *Nanoplancton calcáreo del Neógeno del borde Noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO España)*. Resumen Ediciones Universidad de Salamanca, 1-37.
- Gersonde, R. and Wefer, G. 1987. Sedimentation of biogenic siliceous particles in Antarctic waters from the Atlantic sector. *Marine Micropaleontology*, **11**, 311-322.
- Kellogg, D. A. and Kellogg, T. B. 1987. Microfossil distributions in Amundsen Sea sediments. *Marine Micropaleontology*, **12**, 203-222.
- Kennett, J. P. 1982. *Marine Geology*. Prentice Hall, 1-813.
- Leventer, A. and Dunbar, R. B. 1987. Diatom flux in McMurdo Sound, Antarctica. *Marine Micropaleontology*, **12**, 49-64.
- Leventer, A. and Dunbar, R. B. 1988. Recent Diatom record of McMurdo Sound, Antarctica. Implications for History of sea-ice extent. *Paleoceanography*, **3**, 259-274.

- Mariño, J. 1989. Resultados de la Campaña "ANTARTIDA 8611": biomasa y composición del fitoplancton. *Resultados de la Campaña "Antártida 8611"*, 201-209, Edit. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Pichon, J. J. & Labracherie, M. 1987. Transfer functions between diatoms assemblages and surface hydrology in the Southern Ocean. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **61**, 79-97.
- Sancetta, A. C. 1982. Distribution of diatom species in surface sediments of the Bering and Okhotsk seas. *Micropaleontology*, **28**, 221-257.
- Schuette, G. and Schrader, H. 1981. Diatom taphocenosis in the coastal upwelling area off south west Africa. *Marine Micropaleontology*, **6**, 131-155.
- Van Bennekom, A. J., Beger, G. W., Van Der Gaast, S. J. and De Vries, T. P. 1988. Primary productivity and the silica cycle in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **67**, 19-30.
- Shemesh, A., Burckle, L. H., and Froelich, P. N. 1989. Dissolution and preservation of antarctic Diatoms and the effect on sediment thanatocoenoses. *Quaternary research*, **31**, 288-308.
- Williams, K. M. 1986. Recent arctic marine diatoms assemblages from bottom sediments in Baffin Bay and Davis Strait. *Marine Micropaleontology*, **10**, 327-341.

Manuscrito recibido: 6 de septiembre, 1989

Manuscrito aceptado: 16 de enero, 1990

APÉNDICE TAXONÓMICO

- Achnantes brevipens* var. *angustata* (Greville) Cleve 1895.
- Amphora ovalis* (Kützing) Kützing 1844.
- Chaetoceros* spp.
- Actinocyclus actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen 1982.
- Actinocyclus ehrenbergii* Ralfs 1861.
- Asteromphalus parvalus* Karsten 1905.
- Cocconeis costata* Gregory 1855.
- Cocconeis fasciolata* (Ehrenberg) Brow 1920.
- Cocconeis illustris* Schmidt 1894.
- Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg 1844.
- Coscinodiscus bullatus* Janisch 1891.
- Diploneis smithii* (de Brébison) Cleve.
- Eucampia antarctica* (Castracane) Manguin 1915.
- Gomphonema intricatum* Kützing 1844.
- Grammatophora arcuata* Ehrenberg 1854.
- Hemidiscus cuneiformis* Wallich 1860.
- Licmophora decora* Heiden and Kolbe 1928.
- Navicula directa* (W. Smith) Ralfs in Pritchard 1861.
- Nitzschia angulata* (O'Meara) Hasle 1972.
- Nitzschia curta* (Van Heurck) Hasle 1972.
- Nitzschia cylindrus* (Grunow) Hasle 1972.
- Nitzschia heimii* (Manguin) Hasle 1965.
- Nitzschia kerguelensis* (O'Meara) Hasle 1972.
- Nitzschia lineata* Hasle 1972.
- Nitzschia obliquecostata* (Van Heurck) Hasle 1972.
- Nitzschia pseudonana* Hasle 1972.
- Nitzschia ritscheri* (Hustedt) Hasle 1972.
- Nitzschia separanda* (Hustedt) Hasle 1972.
- Nitzschia* sp.
- Nitzschia sicula* var. *Rostrata* Hustedt 1958.
- Porosira glacialis* (Grunow) Jørgensen 1905.
- Rhizosolenia hebetata* Bailey forma *hiemalis* Gran 1905.
- Rhizosolenia styliformis* Brightwell 1858.
- Schimpirella antarctica* Karsten 1905.
- Thalassionema nitzschioides* Grunow in Van Heurck 1881.
- Thalassiosira antarctica* Comber 1896.
- Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve 1904.
- Thalassiosira gracilis* (Karsten) Hustedt 1958.
- Thalassiosira perpusilla* Kozlova.
- Thalassiosira ritscheri* (Hustedt) Hasle 1968.
- Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld) Proshkina-Lavrenko 1955.
- Thalassiothrix longissima* Cleve and Grunow 1880.
- Trachyneis aspera* (Ehrenberg) Cleve 1894.
- Tropidoneis antarctica* (Grunow) Cleve 1894.