

ORIGEN DE LAS *Globorotalia margaritae* BOLLI Y BERMÚDEZ DEL DOMINIO MEDITERRÁNEO. UN ESTUDIO BIOMÉTRICO*

J. M. GONZÁLEZ DONOSO, D. LINARES, P. PALMQVIST
y F. SERRANO

Departamento de Geología
Facultad de Ciencias. Universidad.
29071 Málaga (España).

ABSTRACT

In this work we have studied, from a biometrical perspective, the possibility that certain forms from the Mediterranean domain, normally identified as *Globorotalia margaritae* Bolli and Bermúdez and named *G. margaritae* mediterranean form by Serrano (1979), have originated from the *Globorotalia dali* Perconig/*Globorotalia mediterranea* Catalano and Sprovieri group during the Miocene/Pliocene transition. The obtained results confirm the previous hypothesis since, biometrically, a continuous morphological variation from the *G. dali*/*G. mediterranea* group to *G. margaritae* has been detected. The evolution from one to the other consisted of changes in the rate of growth in height of the chambers and changes in the shape of the axial outline. The circumstances of the indicated change make us think about a genetic revolution phenomenon through a bottleneck.

Keywords: *G. margaritae*, *G. dali*, *G. mediterranea*, phylogeny, biometry, multivariate analysis, Fourier series analysis.

RESUMEN

En este trabajo se estudia, desde una perspectiva biométrica, la posibilidad de que ciertas formas del dominio mediterráneo, normalmente identificadas como *Globorotalia margaritae* Bolli y Bermúdez y denominadas *G. margaritae* forma mediterranea por Serrano (1979), se hayan originado a partir del grupo de *Globorotalia dali* Perconig/*Globorotalia mediterranea* Catalano y Sprovieri, durante el tránsito Mioceno/Plioceno. Los resultados obtenidos confirman la hipótesis inicial pues, biométricamente, se detecta una variación morfológica continua desde el grupo de *G. dali*/*G. mediterranea* hacia *G. margaritae*. La evolución de unas a otras consistió, sobre todo, en cambios de la tasa de crecimiento en altura de las cámaras y de la forma del contorno de la concha en vista axial. Las circunstancias del cambio indicado inducen a pensar en un fenómeno de revolución genética durante un cuello de botella.

Palabras clave: *G. margaritae*, *G. dali*, *G. mediterranea*, filogenia, biometría, análisis multivariante, análisis de series de Fourier.

* Un avance de este artículo fue presentado en las V Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (Valencia, noviembre de 1989).

INTRODUCCIÓN

En el ámbito mediterráneo, la aparición de *Globorotalia margaritae* Bolli y Bermúdez se detecta, de una manera clara y generalizada, al comienzo del Plioceno, una vez superada la crisis de salinidad messinense (aunque hay algunas citas de estos organismos en materiales más antiguos). La mayoría de los autores que se han referido al origen de esta forma han indicado que deriva de *Globorotalia scitula* (Brady) o de formas relacionadas con esta última.

Pero, en trabajos previos (González Donoso *et al.*, 1978; Carrasco *et al.*, 1979; Serrano, 1979) expusimos que, en materiales próximos al límite Mioceno/Plioceno del dominio mediterráneo occidental,

se observan transiciones morfológicas entre el grupo de *Globorotalia dali* Perconig/*Globorotalia mediterranea* Catalano y Sprovieri y las formas que normalmente se determinan como *G. margaritae* en este dominio. Estas formas transicionales coexisten durante un corto intervalo con ejemplares típicos de uno y otro conjunto, existiendo un ligero solapamiento estratigráfico entre *G. mediterranea* y *G. margaritae*. De acuerdo con esto, señalábamos la posibilidad de la existencia de dos líneas independientes de *G. margaritae*. Una de ellas evolucionaría en el dominio atlántico, a partir del grupo de *Globorotalia scitula* (Brady) a finales del Mioceno, migrando quizás al dominio mediterráneo tras la crisis de salini-

dad, una vez restablecidas en él las condiciones marinas normales. Otra, casi homomórfica de la anterior y tal vez algo más reciente, derivaría del grupo de *G. dalii*/*G. mediterranea* que sobrevivió en cuencas del Mediterráneo occidental conectadas con el Atlántico (como la de Vera) y que, por tanto, no llegaron a desecarse durante la crisis de salinidad del Mediterráneo; su individualización tendría lugar hacia el intervalo de tiempo durante el que tuvo lugar el restablecimiento de las condiciones marinas normales. Las diferencias entre las *G. margaritae* atlánticas y mediterráneas se limitan —visualmente— a que las primeras suelen tener menor tamaño, periferia de las primeras cámaras de la última vuelta de espira más aguda y pustulosidad en general más escasa. Estas leves diferencias podrían ser fácilmente achacables a un fenómeno politípico o a motivos ecofenotípicos de no mediar la evolución detectada en la Cuenca de Vera.

En el presente trabajo contrastamos esta hipótesis, comparando las diferentes formas mediante análisis uni y multivariante. Los caracteres seleccionados para el estudio han sido, esencialmente, la forma de la penúltima cámara en vista espiral, el crecimiento de las cámaras en esta vista y la morfología del contorno axial.

Características del cambio evolutivo apreciadas visualmente

La transición desde *G. dalii*/*G. mediterranea* hasta *G. margaritae*, según se presenta en los materiales de la Cuenca de Vera (González Donoso *et al.*, 1978, corte de Cuevas de Almanzora; Carrasco *et al.*, 1979, cortes de Los Palacios y Cañada de Vera), tiene lugar por modificación en mosaico de una serie de características: crecimiento en tamaño y solapamiento de las cámaras, morfología de la concha en vista axial y forma de la abertura principal; conviene destacar que algunos de tales caracteres, aisladamente, pueden presentar estados avanzados en individuos de poblaciones anteriores a la aparición de las formas que consideramos intermedias. Así, en vista espiral, las cámaras de la última vuelta de espira muestran un menor aumento relativo de tamaño en el grupo de *G. mediterranea* (una menor expansión de la espira), pero en algunos individuos de *G. dalii* tal incremento relativo es comparable al de *G. margaritae*. El solapamiento de cada cámara sobre la precedente, en vista espiral, es pequeño en *G. mediterranea*, algo mayor en *G. dalii* y se acentúa en las últimas cámaras de *G. margaritae*, pero en las poblaciones de *G. dalii*/*G. mediterranea* anteriores a la aparición de las formas intermedias, hay individuos con solapamiento comparable al de algunas *G. margaritae*; además, en los individuos de esta última con solapamiento más acusado, cuando se elimina la última cámara resulta una forma de configuración similar a la de una *G. dalii* evolucionada. En lo que respecta a la forma del perfil de la concha, tanto *G. mediterranea* como *G. dalii* presentan un lado espiral plano o ligeramente convexo y un lado umbilical convexo, más acentuado en *G. mediterranea*; *G. mar-*

	<i>G. mediterranea</i>	<i>G. dalii</i>	<i>G. dalii</i> / <i>G. mediterranea</i>	<i>G. dalii</i> / <i>G. margaritae</i>	<i>G. margaritae</i> / <i>G. dalii</i>	<i>G. margaritae</i> (f.mediterráneas)	<i>G. margaritae</i> (f.atlánticas)
CORTE DE CUEVAS DE ALMANZORA	CA-17				2/2	10/8	
	CA-16					7/4	
	CA-15					8/3	
	CA-13			1		4/2	3/2
	CA-11					2/2	
	CA-10					2/2	1/1
	CA-9					2	1
	CA-7b/8a	1				3/1	
	CA-8c	1/1		2/2		2/2	
	CA-7	4/1	1/1	2	1		
	CA-6	1/1		3/1			
	CA-5	1		2			
	CA-4			1			
	CA-3			5/3			
	CA-2	3/3		4/4	1		
CA-1	2/1		4/3				
CA-a		1/1	4/2				
CORTE DE LA CAÑADA DE VERA	MP-80					3/2	
	MP-79					1	3/2
	MP-77					3/2	1
	MP-76c					1/1	1/1
	MP-76					2/2	1
	MP-75c						3
	MP-75b						1/1
	MP-75	1/1		1/1		1	
	MP-74c			1			
	MP-72			1			
	MP-66			4	1		
	MP-65	1		1	1		
	MP-64c			2	1		
	MP-64b		1	1			
MP-64		2					
DOL-B						31/23	

Tabla 1. Número de ejemplares de cada morfotipo tomados en cada muestra/número de ejemplares huecos, aprovechables para el estudio ontogenético. Para la situación de las muestras, véase González Donoso y Serrano (1978) y Carrasco *et al.* (1979).

garitae, por el contrario, presenta un lado espiral fuertemente convexo y un lado umbilical plano o ligeramente convexo; las formas intermedias entre ambas tienen el perfil biconvexo y el lado espiral como el de una típica *G. margaritae*. Finalmente, la

abertura principal tiene forma de arco alto en *G. mediterranea* y algunas *G. dalii*, de arco bajo o hendidura en otras *G. dalii* y en los individuos intermedios, y de hendidura en *G. margaritae*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales estudiados

Los ejemplares analizados provienen de muestras del tránsito Mioceno/Plioceno, tomadas en los cortes de Cuevas de Almanzora (González Donoso y Serrano, 1978) y Cañada de Vera (Carrasco *et al.*, 1979). Conviene indicar que los ejemplares del grupo *G. dalii/G. mediterranea* y de *G. margaritae* son muy escasos en estas muestras y, frecuentemente, están rellenos de calcita y/o piritizados.

Para comparar las observaciones visuales con los resultados biométricos, se diferenciaron de manera arbitraria seis morfotipos: *G. mediterranea*, *G. dalii/G. mediterranea*, *G. dalii*, *G. dalii/G. margaritae*, *G. margaritae/G. dalii* y *G. margaritae* (Tabla 1).

En *G. mediterranea* se incluyeron los ejemplares que presentan el lado umbilical muy convexo y la abertura en arco alto; formas parecidas a éstas, pero con el lado umbilical menos convexo, se identificaron como *G. dalii*; se denominaron *G. dalii/G. mediterranea* los ejemplares cuyo lado umbilical presenta una convexidad que se estimó intermedia entre la de *G. mediterranea* y la de *G. dalii*.

Dentro del morfotipo *G. dalii/G. margaritae* se identificaron los ejemplares con un perfil axial visualmente intermedio entre el grupo de *G. dalii* y *G. margaritae*, aunque algo más próximos a *G. dalii*; se denominaron *G. margaritae/G. dalii* los que resultan visualmente más próximos a *G. margaritae*.

En fin, se asignaron a *G. margaritae* los ejemplares dotados de un lado espiral claramente convexo y un lado umbilical plano o casi.

Para efectuar la comparación de estos ejemplares mediterráneos con otros procedentes del dominio atlántico, se tomaron individuos de *G. margaritae* procedentes de una muestra (DOL-B) del Plioceno del Valle del Guadalquivir.

Técnicas utilizadas para calcular los parámetros del crecimiento y la forma

Los ejemplares seleccionados para el estudio biométrico se procesaron según la metodología descrita en Palmqvist *et al.* (1989, pp. 55-58, Figs. 1 y 2).

Para estimar el crecimiento en altura de las cámaras se estudió la relación existente entre el valor del radio medio espiral y el correspondiente ángulo acumulativo, medido hasta el punto medio de la cámara (ϵ); tras ensayar varias ecuaciones y someter los ajustes obtenidos a los correspondientes test estadísticos (Palmqvist, 1989) se optó por la exponencial:

$$R_i^* = R_0^* W^{\epsilon/360^\circ}$$

donde R_i^* es el valor recalculado para el radio espiral medio de la cámara i , R_0^* el valor recalculado del radio espiral al inicio de la primera cámara analizada (la segunda, excluido el *proloculus*) y W la tasa de expansión en altura de los radios medios espirales.

Las variaciones ontogenéticas de los ángulos abarcados por las cámaras se estimaron mediante la ecuación potencial que relaciona el valor del ángulo acumulativo (γ) con el número de orden de las cámaras:

$$\gamma_i^* = \beta_2^* (i-1)^P$$

siendo γ_i^* el ángulo acumulativo recalculado de la cámara i , β_2^* ($= \gamma_2^*$) el valor recalculado para el ángulo de la segunda cámara (excluido el *proloculus*) y P la pendiente de la línea de regresión de los ángulos γ frente a los números de orden de las cámaras.

Como variables para el estudio bioestadístico se utilizaron los valores del radio espiral al inicio de la quinta cámara (R_5^*), W , β_2^* , P , el número total de cámaras (NC) y el diámetro medio del *proloculus* (ϕ_p).

Para estudiar la forma de las cámaras en vista espiral, se recurrió al análisis de series de Fourier de contornos cerrados, según es descrito por González Donoso y Palmqvist (en este número). Para ello, se analizó la forma del contorno de la penúltima cámara en cada ejemplar, calculándose el valor de los términos A y B para los 10 primeros armónicos de la serie de Fourier, número de armónicos que se juzgó suficiente para reproducir las morfologías camerales.

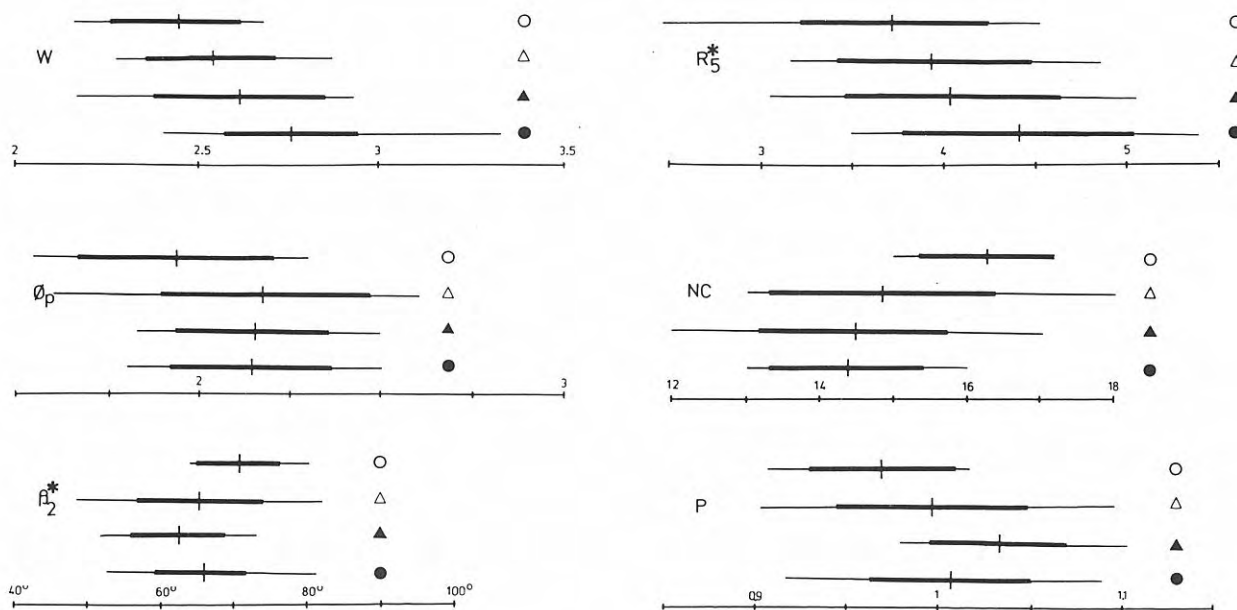
Para analizar la forma del perfil de la concha se optó también por el análisis de Fourier de contornos cerrados. En este caso, las fotografías se orientaron en el digitalizador haciendo coincidir con una vertical la línea que une los dos puntos opuestos de la última vuelta de espira correspondientes a la carena y se ajustó el valor de los términos A y B de los 20 primeros armónicos.

Conviene señalar que la mayoría de los ejemplares analizados (el 96,5 %) son sinistrorsos; a efectos de poder compararlos con los dextrorsos, las coordenadas de estos últimos fueron transformadas especularmente mediante una opción incluida en el programa informático diseñado para realizar todos los cálculos hasta ahora expuestos (Palmqvist, 1989).

Análisis numéricos

El tratamiento matemático seguido para estudiar las relaciones entre las diferentes formas ha incluido los siguientes análisis:

a) Un análisis univariante sobre las seis variables y parámetros ontogenéticos, estimados en vista espiral, consistente en calcular las medias y las desviaciones típicas para cada uno de los morfotipos distinguidos. A continuación, se efectuó una comparación entre tales medias, utilizando el test de la t de Student y empleando las dos colas de la distribu-



○ *G. mediterranea* △ *G. dalii/G. mediterranea* ▲ *G. margaritae/G. dalii* ● *G. margaritae*

Figura 1. Valores de las medias, desviaciones típicas (línea de trazo grueso) y rangos (línea de trazo fino) de las variables y parámetros del crecimiento en los morfotipos estudiados: radio espiral al inicio de la quinta cámara, recalculado (R_5^*), en mm y $\times 100$; tasa de expansión en altura de las cámaras (W); número total de cámaras (NC); ángulo de la segunda cámara, recalculado (β_2^*); pendiente (P) de la ecuación de los ángulos acumulativos frente a los números de orden de las cámaras; diámetro medio del proloculos (ϕ_p), en mm y $\times 100$.

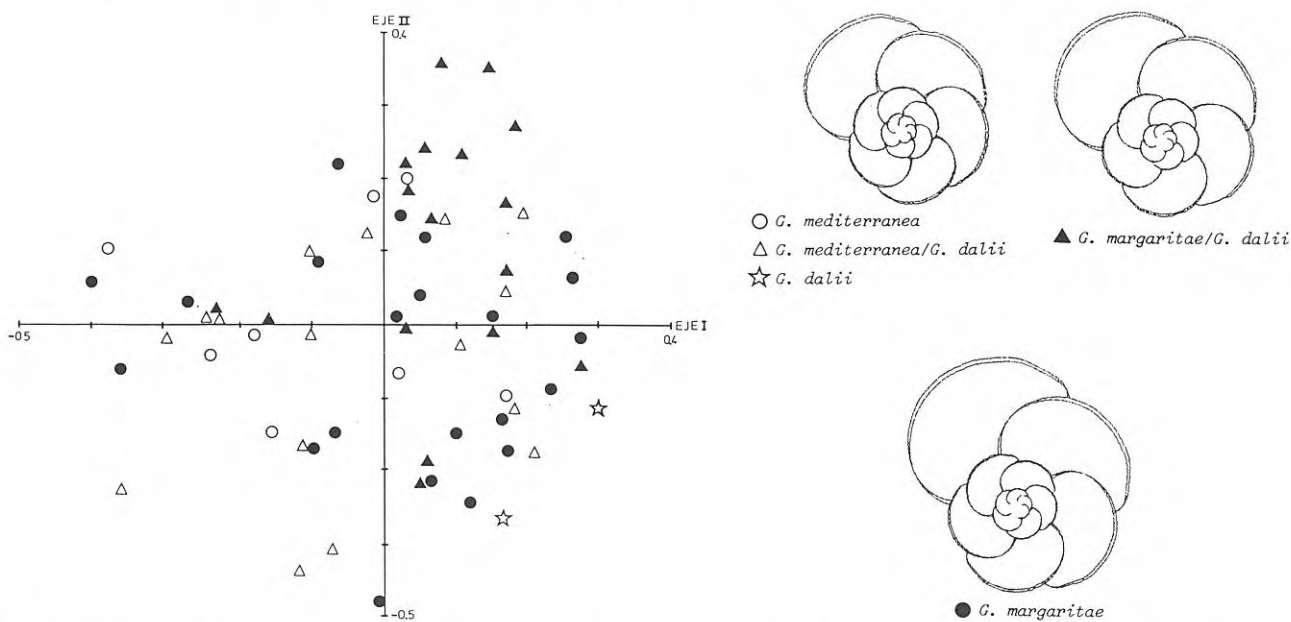


Figura 2. Análisis de coordenadas principales en modo Q del contorno de la penúltima cámara, en vista espiral; distribución de los ejemplares en el diagrama de los vectores, I y II.

ción *t* para efectuar contrastes bilaterales (Bhattacharyya y Johnson, 1977).

b) Un análisis de coordenadas principales en modo Q (Reyment *et al.*, 1984) sobre los términos A y B de los armónicos del contorno de la penúltima cámara, en vista espiral, de todos los ejemplares.

c) Un análisis similar al anterior sobre el contorno de la concha en vista axial, también de todos los ejemplares.

RESULTADOS

Resultados del análisis univariante de los parámetros y variables del crecimiento

Los valores de las medias y desviaciones típicas de las variables y parámetros del crecimiento, en las distintas formas estudiadas, se representan en la Figura 1. Como puede apreciarse, con algunos de

ellos se detectan importantes diferencias entre los diversos morfotipos analizados.

La tasa de expansión en altura de las cámaras (Fig. 1) muestra valores crecientes desde el grupo *G. dalii/G. mediterranea* hasta *G. margaritae*, pasando por las formas de transición entre ambas. Según los valores obtenidos con el test de la *t* de Student, no se aprecian diferencias significativas entre el grupo *G. dalii/G. mediterranea* y las formas identificadas como *G. margaritae/G. dalii* ($t = 1,12$) (las *G. dalii/G. margaritae* no pudieron analizarse de esta manera, por estar todas rellenas) ni tampoco entre estas últimas y *G. margaritae* ($t = 1,99$), aunque las diferencias resultan estadísticamente muy significativas cuando se comparan el grupo *G. dalii/G. mediterranea* y *G. margaritae* ($t = 4,09$; $p < 0,001$). Estos resultados apoyan la observación de González Donoso *et al.* (1978) de que en la evolución desde el grupo *G. dalii/G. mediterranea* hacia *G. margaritae*, en el dominio mediterráneo, el crecimiento en altura de las cámaras pasa de ser relativamente lento a hacerse más rápido.

El radio espiral al inicio de la quinta cámara, recalculado (Fig. 1), toma los valores menores en el grupo *G. dalii/G. mediterranea*, aumenta de valor en las formas intermedias y, finalmente, toma los valores mayores en las *G. margaritae*. De acuerdo con el test de la *t* de Student, las medias del grupo *G. dalii/G. mediterranea* y de *G. margaritae/G. dalii* no son significativamente diferentes ($t = 1,02$), ni tampoco las de estas últimas y *G. margaritae* ($t = 1,34$). Por el contrario, sí se aprecian ya diferencias estadísticamente significativas cuando se comparan *G.*

dalii/G. mediterranea y *G. margaritae* ($t = 2,67$; $p < 0,05$).

El número total de cámaras (Fig. 1) es otra de las variables con la que se establecen diferencias entre los distintos morfotipos y formas intermedias. Así, el número medio de cámaras decrece algo desde el grupo *G. dalii/G. mediterranea* hasta *G. margaritae*, pasando por las formas de transición entre estos morfotipos. De acuerdo con el test de la *t* de Student, sólo las medias de *G. dalii/G. mediterranea* y *G. margaritae* ($t = 1,96$; $p < 0,1$) son levemente diferentes.

Los valores medios del ángulo reclaculado de la segunda cámara, de la pendiente que relaciona los ángulos acumulativos γ con el número de orden de las cámaras y del diámetro medio del *proloculus* no muestran variaciones estadísticamente significativas entre los diferentes morfotipos estudiados.

Estos resultados corroboran la hipótesis de González Donoso *et al.* (1978) sobre la existencia de una transición morfológica desde el grupo *G. dalii/G. mediterranea* a las formas generalmente reputadas como *G. margaritae*. Tal transición afectaría especialmente, según los resultados de estos análisis, al crecimiento en altura de las cámaras, que va haciéndose más rápido desde el grupo *G. dalii/G. mediterranea* hasta *G. margaritae*. En menor medida, también afectaría al número total de cámaras, que disminuye desde *G. dalii/G. mediterranea* hacia *G. margaritae*, y al radio espiral al inicio de la quinta cámara, que aumenta desde *G. dalii/G. mediterranea* hasta *G. margaritae*.

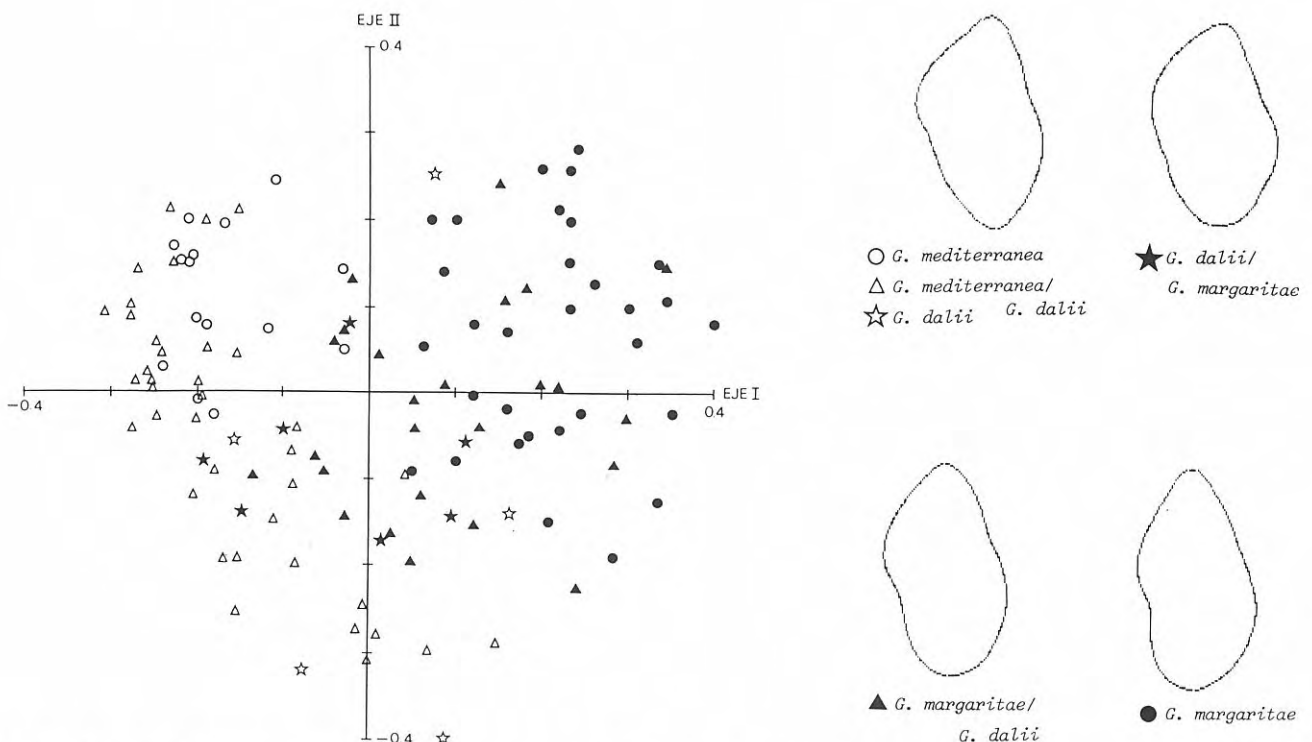


Figura 3. Análisis de coordenadas principales en modo Q de la concha, en vista axial; distribución de los ejemplares en el diagrama de los vectores I y II.

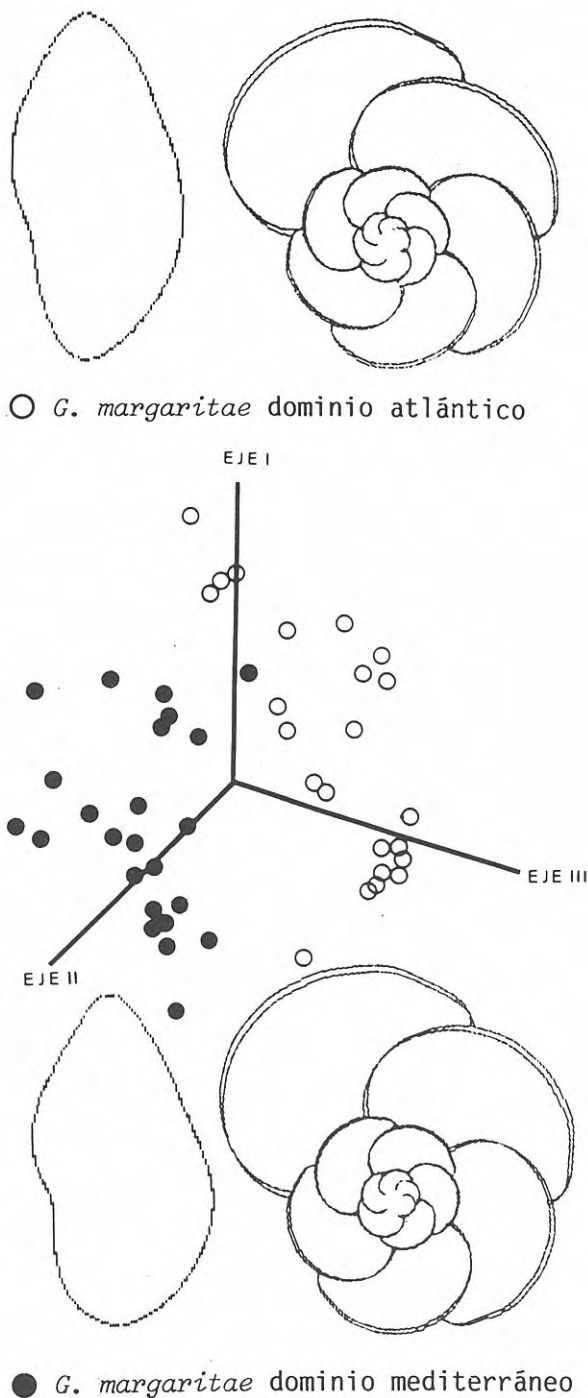


Figura 4. Análisis de coordenadas principales en modo Q de contorno de la concha, en vista axial, y del contorno de la penúltima cámara, en vista espiral, de las *G. margaritae* atlánticas y mediterráneas; distribución de los ejemplares en el diagrama de los vectores I, II y III.

Resultados de los análisis en modo Q

El diagrama de la Figura 2 muestra la distribución de los ejemplares sobre el plano definido por los vectores I y II del análisis de coordenadas principales en modo Q, realizado con los valores de los términos A y B de los 10 primeros armónicos de las penúltimas cámaras en vista espiral. Como puede apreciarse en él, la forma del contorno de las cámaras no diferencia los distintos morfotipos entre sí, pues la distribución de cada uno de ellos se solapa, en gran medida, con las de los demás.

En la Figura 2 se representa también la morfología media teórica en vista espiral de cada uno de los morfotipos estudiados, conseguida simulando mediante ordenador el crecimiento y la forma de las cámaras, a partir de los valores de los parámetros de las ecuaciones del crecimiento y de los términos A y B de la serie de Fourier (González Donoso y Palmqvist, en este mismo número). Estas representaciones gráficas permiten visualizar como el grupo de *G. dalii*/*G. mediterranea* muestra un menor crecimiento en altura de las cámaras que *G. margaritae*.

El diagrama de la Figura 3 muestra la distribución de los ejemplares sobre el plano definido por los vectores I y II del análisis de coordenadas principales en modo Q realizado con los términos A y B de los 20 primeros armónicos de los contornos axiales. Según puede apreciarse, la forma de estos últimos permite diferenciar claramente el grupo *G. dalii*/*G. mediterranea*, cuyos ejemplares toman preferentemente valores negativos en el eje I (el 87,93%), de *G. margaritae*, cuyos ejemplares toman todos, por el contrario, valores positivos en dicho eje. Las formas intermedias toman valores tanto positivos como negativos sobre este vector, aunque predominan algo más en los positivos. Estos resultados eran esperables, habida cuenta de que la forma del perfil axial es el carácter que se ha utilizado, esencialmente, para la separación visual de los grupos y de las importantes diferencias en la morfología axial existentes entre ellos.

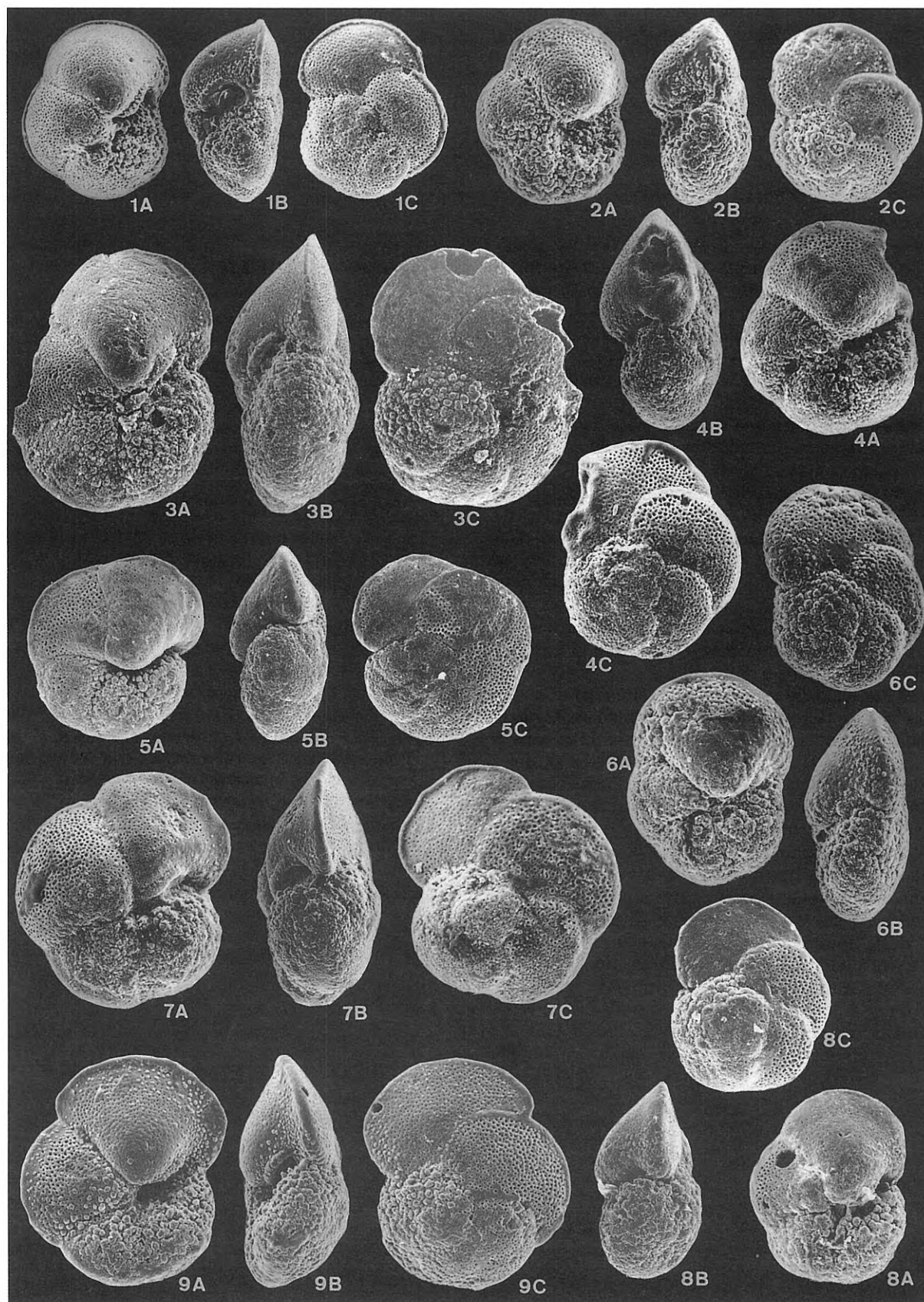
Avance de un estudio sobre la diferenciabilidad de las *G. margaritae* de los dominios atlántico y mediterráneo

Un estudio preliminar, en el que se han analizado conjuntamente (mediante el método de las coordenadas principales en modo Q) los perfiles axiales y las penúltimas cámaras, en vista espiral, de las *G. margaritae* de la Cuenca del Vera y de otras procedentes del Valle del Guadalquivir, muestra la posibilidad de diferenciar los individuos de ambos grupos (Fig. 4). Por el contrario, el análisis univa-

Lámina I.

1. *Globorotalia mediterranea* Catalano y Sprovieri, muestra CA-1. Messinense superior.
- 2-8. Formas intermedias entre el grupo de *G. dalii*/*G. mediterranea* y *G. margaritae*. 2: muestra CA-13. 3: muestra CA-9. 4: muestra CA-10. 5: muestra CA-8c. 6: muestra CA-13. 7: muestra CA-10. 8: muestra CA-8a. Tránsito Mioceno/Plioceno.

9. *Globorotalia margaritae* Bolli y Bermúdez, "forma mediterránea", muestra CA-17. Plioceno inferior. Ejemplares depositados en el Departamento de Geología de la Universidad de Málaga. Todos $\times 94$ aumentos.



riante de las variables y parámetros del crecimiento no mostró diferencias significativas entre los mismos. Estos resultados serán objeto de una exposición más a fondo, cuando completemos un estudio más amplio, actualmente en curso, que incluirá los ancestrales de las *G. margaritae* del dominio atlántico y las poblaciones de *G. margaritae* del dominio mediterráneo en materiales del Plioceno no basal.

CONCLUSIONES

En función de todo lo expuesto, parece obvio que las formas indentificadas visualmente como intermedias entre el grupo de *G. mediterranea*/*G. dali* y *G. margaritae* lo son también biométricamente. Esto apoya la hipótesis previa de que en la Cuenca de Vera, hacia el tránsito Mioceno/Plioceno, supervivientes de la línea evolutiva *G. dali*/*G. mediterranea* evolucionaron rápidamente hacia formas con una morfología muy próxima a la de *G. margaritae* del dominio atlántico, pero diferenciables de estas últimas mediante análisis biométrico y, con más dificultades, mediante inspección visual.

El interés del fenómeno estudiado, aparte de sus connotaciones filogenéticas y taxonómicas, viene determinado por la escasez de registros fósiles de fenómenos parecidos (lógica, dadas sus características y los escenarios en que se desarrollan) pese a su posible frecuencia, al menos en algunos grupos de organismos (aunque no parezca ser éste el caso de los foraminíferos planctónicos).

El intervalo de tiempo que medió desde la aparición de las primeras formas intermedias hasta la aparición de *G. margaritae* y subsiguiente desaparición del grupo de *G. dali*/*G. mediterranea* posiblemente fue corto, a juzgar por la pequeña potencia de los materiales en que se observa el fenómeno (un metro por término medio, mientras que la sedimentación messinense supera los 300 m. en la Cuenca de Vera). Si a esto unimos la escasez de los organismos involucrados en el cambio durante el intervalo en cuestión, inferible de la drástica reducción de la abundancia de los mismos en las muestras correspondientes —en contraste con la relativamente alta abundancia que muestran en materiales anteriores y (en menor grado) posteriores— parece adecuado pensar en un fenómeno de revolución genética desarrollado durante un cuello de botella

(aunque con ello no queremos presuponer si la línea evolutiva estuvo en estasis o experimentó cambios filéticos antes y después del fenómeno).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Prof. J. Civis, de la Universidad de Salamanca, el habernos suministrado la muestra de la que hemos obtenido los ejemplares atlánticos de *G. margaritae*.

BIBLIOGRAFÍA

- Bhattacharyya, G. K. y Johnson, R. A. 1977. *Statistical concepts and methods*. John Wiley & Sons, New York, 639 pp.
- Carrasco, F., González Donoso, J. M., Linares, D., Rodríguez, P. y Serrano, F. 1979. Contribución al conocimiento del límite Mioceno-Plioceno en el dominio Mediterráneo occidental: las secciones de Los Palacios y Cañada de Vera (Almería, España). *Estudios Geológicos*, **35**, 559-567.
- González Donoso, J. M. y Serrano, F. 1978. Precisiones sobre la bioestratigrafía del corte de Cuevas de Almanzora. *Cuadernos de Geología*, **8-9**, 241-252.
- González Donoso, J. M., Linares, D., Rodríguez, P. y Serrano, F. 1978. Sobre el origen de *Globorotalia margaritae* Bolli y Bermúdez. *Cuadernos de Geología*, **8-9**, 167-174.
- Palmqvist, P. 1989. *Análisis del crecimiento y la forma de los foraminíferos planctónicos, con fines biométricos*. Tesis Doctoral (inérita), Universidad de Málaga, 296 pp.
- Palmqvist, P., González Donoso, J. M. y Serrano, F. 1989. Diferenciabilidad de Turborotalidos del Serravallense y del Messinense mediante análisis multivariante. *Revista Española de Paleontología*, **4**, 53-66.
- Reyment, R. A., Blackith, R. E. y Campbell, N. A. 1984. *Multivariate Morphometrics*. Academic Press, London, 233 pp.
- Serrano, F. 1979. *Los foraminíferos planctónicos del Mioceno superior de la cuenta de Ronda y su comparación con los de otras áreas de las Cordilleras Béticas*. Publicaciones de la Universidad de Málaga (Tesis Doctoral), 272 pp.

Manuscrito recibido: 23 de diciembre, 1989.

Manuscrito aceptado: 12 de marzo, 1990.