

ANA M. BLÁZQUEZ
JUAN USERA*

FORAMINÍFEROS CUATERNARIOS EN LAS DUNAS DE SERRA GELADA (ALICANTE, ESPAÑA)

RESUM

S'ha estudiat el contingut micropaleontològic dels sediments que integren els sistemes dunars adossats al front espatat de la Serra Gelada. A la sèrie "Illots" hom ha reconegut dos nivells distints de dunes, I-2/3 y I-4, que semblen pertànyer a episodis regressius distints i, per tant, a partir d'àrees i ambients diferents. Tanmateix, els foraminífers d'ambdues indiquen l'acció de factors tafonòmics bioestratinòmics i fossildiagenètics que ocasionen la pèrdua total o parcial de les closques. Llurs característiques morfològiques i dimensions denoten una temperatura marina més càlida quan es formà el nivell I-4, amb més disponibilitat de carbonats dissolts, fàcilment precipitables. A la mateixa sèrie, la manca de restes orgàniques del nivell I-6 no permet cap hipòtesi des del punt de vista bioestratigràfic o paleoecològic. Les espècies més freqüents son *Ammonia beccarii* i *Elphidium crispum*.

Quant al dipòsit somital I-13 de la sèrie "Illot", les associacions semblen indicar un augment progressiu dels processos destructius vers el cim de la sèrie. De més a més, alguns foraminífers d'aquest registre com *Elphidium advenum*, *Asterigerinata mamilla* i *Heterolepa cf. haidingeri*, manquen entre els nombrosos individus del nivell I-4, motiu pel qual sembla difícil atribuir l'origen de I-13 a la re-laboració dels materials subjacents.

Les associacions de foraminífers de la mostra I-CP-3 s'assemblen molt als del nivell I-4, tot i que cal considerar-hi d'altres criteris, composició micropaleontològica a banda, per a poder establir correspondències estratigràfiques.

ABSTRACT

In this work the micropaleontological composition of the different sedimentary deposits from the dunar systems next to the Serra Gelada cliff (Alicante, Spain) is studied. In the "Illots" series two dune levels: I-2/3 and I-4, have been recognized. They seem to correspond to different regressive episodes and therefore originated from production areas with different environments. However, the foraminifers studied in both levels show the total or partial lost of shells due to taphonomic factors

* Departament de Geologia de la Universitat de València.

(biostratigraphic and fossil diagenetic). The morphological characteristics and size of these shells indicate a warmer sea temperature for the I-4 level formation than for the I-2/3 level, and with a greater availability of dissolved easily precipitable carbonates. The absence, in this series, of organic rest does not allow any hypothesis from a biostratigraphic or paleoecologic view. The more frequent species are *Ammonia beccarii* and *Elphidium crispum*.

The fossil foraminifers assemblages in the top deposit I-13 suggest the progressively increasing influence of taphonomic processes to the top of the series. Moreover, some of the foraminiferal species from this record like *Elphidium advenum*, *Asterigerinata mamilla* and *Heterolepa* cf. *haidingeri* are not represented among the abundant individuals from the I-4 level. Therefore, it is not easy to attribute those levels to the reworking of materials from the underlying dunes.

The foraminifers assemblages in the I-CP-3 sample and those in the I-4 level are very similar. However, in addition to the micropaleontological composition, other criteria must be considered in order to establish correspondences between stratigraphic sequences.

RESUMEN

En este trabajo se estudia el contenido micropaleontológico de los distintos cuerpos sedimentarios que se encuentran en los sistemas dunares apoyados en el frente acantilado de la Serra Gelada. En el sector "Illots" se han podido reconocer dos niveles de dunas, I-2/3 e I-4, que parecen responder a episodios regresivos distintos y, por tanto, construidos a partir de áreas de producción con ambientes diferentes. No obstante, los foraminíferos estudiados en ambas indican la actuación de factores tafonómicos, bioestratinómicos y fosildiagenéticos que producen la pérdida total o parcial de los caparazones. Las características morfológicas y las dimensiones de estas conchas revelan una temperatura del mar más cálida en el momento de la formación del nivel I-4, con mayor disponibilidad de carbonatos disueltos, fácilmente precipitables. La ausencia de restos orgánicos en el nivel I-6 no permite establecer ninguna hipótesis desde el punto de vista bioestratigráfico o paleoecológico. Las especies más frecuentes son *Ammonia beccarii* y *Elphidium crispum*.

Respecto al depósito superior I-13, del sector "Illots", las asociaciones de foraminíferos fósiles parecen indicar un aumento progresivo de los procesos destructivos hacia techo. Además, algunas especies de foraminíferos de este registro como *Elphidium advenum*, *Asterigerinata mamilla* y *Heterolepa* cf. *haidingeri* no están representadas en los numerosos individuos del nivel I-4, por lo que parece difícil atribuir los sedimentos de I-13 a la reelaboración de los materiales de las dunas subyacentes.

Las asociaciones de foraminíferos de la muestra I-CP-3 tienen una gran semejanza con los del nivel I-4, aunque hay que considerar otros criterios, aparte de la composición micropaleontológica, para poder establecer correspondencias entre las secuencias estratigráficas.

1. INTRODUCCIÓN

Para caracterizar, desde el punto de vista paleoambiental, los distintos cuerpos sedimentarios de los sistemas dunares apoyados en el frente acantilado de la Serra Gelada, se ha procedido al análisis del contenido micropaleontológico, especialmente de la fauna de foraminíferos bentónicos fósiles. Se trata de organismos unicelulares, en su mayoría de hábitat marino, que constituyen un orden de la clase Granuloreticulacea, filum Sarcosagittophora (CULVER, 1993). Los foraminíferos no sólo podrían individualizar los diferentes depósitos bioestratigráficamente, sino que también informarían acerca de los condicio-

nantes ambientales del área fuente que proporcionó el material a las dunas adosadas a las Penyes de l'Albir. No obstante, la actuación de procesos tafonómicos, de gran importancia en los ámbitos de modelado eólico, producen la pérdida de bioclastos y con ello un registro incompleto de la fauna que en origen pudo llegar arrastrada desde la zona de producción.

Este trabajo pretende, por un lado, distinguir desde el punto de vista micropaleontológico los distintos cuerpos sedimentarios de la serie estratigráfica estudiada. Por otro, determinar las asociaciones de foraminíferos fósiles en estas formaciones eólicas, que puede permitir la aproximación a los factores paleoambientales que hayan podido tener una mayor influencia en la distribución espacial de estos organismos marinos en el área de producción.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se han analizado un total de once muestras, diez de las cuales pertenecen al sector "Illots" (foto 1). La base de esta serie la forman los niveles I-2/3, I-4 e I-6, mientras que los siete restantes corresponden al depósito I-13, constituido de base a techo por: I-13-G, I-13-F, I-13-E, I-13-D, I-13-C, I-13-B e I-13-A. Por último, se analiza también una muestra aislada identificada como I-CP-3, cuya localización y descripción aparece en la foto 6 (FUMANAL y YÉBENES, 1996, en esta obra).

Se ha estudiado el total de los individuos de foraminíferos fósiles contenidos en 100 g de sedimento, tamizados hasta la fracción 0,125 mm. Una vez clasificados, se ha realizado el recuento de los ejemplares de todas las especies para proceder posteriormente a los cálculos estadísticos.



Foto 1. Vista general del sector "Illots", donde se localiza la secuencia estudiada (muestras I-2/3, I-4, I-6 y serie superior I-13).

Han sido calculados los porcentajes de los subórdenes Rotaliina y Miliolina y de las especies dentro de cada uno de ellos, así como la diversidad específica en la totalidad de las muestras. Dado que el número de individuos es, en la mayoría de los casos, inferior a 100, no se han podido aplicar otros métodos estadísticos para determinar la abundancia proporcional de especies: índices de Shannon-Wiener (SHANNON-WIENER, 1949), Alfa de Fisher (FISHER *et al.*, 1943), Equitabilidad, etc.

3. RESULTADOS

3. 1. Contenido en foraminíferos y otros restos de organismos fósiles

A nivel general, a los litoclastos que constituyen los depósitos dunares se suman restos de origen orgánico que, como en el caso de I-4, suponen una proporción importante del sedimento. Al funcionar como clasto, el contenido biogénico se caracteriza por presentar ciertas condiciones aerodinámicas, favorecidas por el pequeño tamaño alcanzado a partir de la fragmentación al que la somete el transporte eólico. Encontramos en estas facies entidades conservadas de gran resistencia, como caparazones de moluscos (fundamentalmente bivalvos y gasterópodos; estos últimos sobre todo de origen marino), radiolas de equinodermos y foraminíferos. Los procesos de destrucción mecánica selectiva han sido ampliamente estudiados por Chave (1964).

De la fauna de foraminíferos sólo se han encontrado representantes de los organismos bentónicos, llegándose a contabilizar un total de 2.211 individuos distribuidos en 12 especies (Tablas 1 y 2). En general, los ejemplares estudiados presentan caparazones bien desarrollados y calcificados, donde destacan las amplias cámaras separadas por tabiques robustos. Sin embargo, se puede observar en la totalidad de los individuos la ausencia de ornamentación externa y procesos de fractura y pérdida de cámaras —especialmente de las últimas—, así como el pulimento superficial asociado al transporte eólico.

Las especies clasificadas pertenecen a dos subórdenes distintos: Miliolina y Rotaliina. Este último es el dominante en la mayor parte de los niveles, donde las especies más frecuentes son: *Ammonia beccarii* y *Elphidium crispum*. Al suborden Miliolina, particularmente abundante en las muestras de arena más gruesa, corresponden las formas *Quinqueloculina cf. colomi*, *Quinqueloculina cf. duthiersi* y *Massilina cf. secans*.

Estos niveles deposicionales de la serie estratigráfica estudiada se presentan de forma detallada en las tablas 1 y 2, en las cuales aparecen reflejados el número de individuos y de especies y sus respectivos porcentajes.

A) Sector "Illots"

Este registro estratigráfico está formado por tres niveles de dunas basales: I-2/3, I-4 e I-6. A techo, constituida por siete niveles, se localiza la serie I-13.

* Nivel I-2/3

La característica dominante de este sedimento es la escasez de restos orgánicos que no llegan a superar el 5% del total de la muestra. El contenido bioclástico está representado fundamentalmente por fragmentos de moluscos (sobre todo bivalvos y gasterópodos y algún individuo del género *Dentalium*), radiolas de equinodermos y foraminíferos bentónicos. Todos ellos muy diagenizados y en mal estado de conservación.

ESPECIE	I-2/3	%	I-4	%	I-6	I-CP-3	%
SUBORDEN ROTALIINA							
<i>Ammonia beccarii</i>	12	70,59	1976	96,48		28	43,75
<i>Elphidium crispum</i>			56	2,73		33	51,56
Rotárido indet.							
Subtotal	12	70,59	2032	99,22	0	61	95,31
SUBORDEN MILIOLINA							
<i>Adelosina cf. laevigata</i>			4	0,20			
<i>Massilina cf. secans</i>	1	5,88					
<i>Quinqueloculina cf. colomi</i>			4	0,20			
<i>Q. cf. duthiersi</i>	1	5,88	4	0,20			
<i>Quinqueloculina sp. 1</i>			4	0,20		1	1,56
<i>Quinqueloculina sp. 2</i>	1	5,88					
Miliólido indet.	2	11,76				2	3,13
Subtotal	5	29,41	16	0,78	0	3	4,69
Total individuos	17	100	2048	100	0	64	100
Total especies	5		6		0	4	

Tabla 1: Número y porcentaje de individuos y especies de foraminíferos fósiles encontrados en las dunas basales del sector "Illots" y en el nivel I-CP-3. Las muestras están dispuestas en función de su posición, de base a techo, dentro del registro estratigráfico, salvo la muestra I-CP-3 que es independiente (localizada en el sector Pila-Llosar).

Se han separado y clasificado un total de 17 individuos distribuidos en 5 especies: *Ammonia beccarii*, que representa el 70,6% de la totalidad de la muestra, *Massilina cf. secans* y dos especies del género *Quinqueloculina* (*Quinqueloculina cf. duthiersi* y *Quinqueloculina sp. 2*). En la mayor parte de estos organismos se observan pérdidas de, al menos, la última cámara.

Esta microfauna fósil constituye la biofacies que acompaña a un sedimento de textura gruesa, formado por pequeños aglomerados de cuarzo y calcita, ésta última de morfología subredondeada frente al cuarzo fundamentalmente subanguloso y anguloso. En estas acumulaciones de cementación carbonatada se integran, en ocasiones, especies de foraminíferos más pequeños o trozos de individuos mayores del género *Quinqueloculina*, mientras que los ejemplares de mayor tamaño como *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, etc., funcionan como clastos de forma independiente.

* Nivel I-4

El rasgo más característico de esta duna es la abundancia de caparzones que proporcionan al sedimento un color claro y un alto contenido en carbonato cálcico. Son frecuentes los fragmentos de conchas de moluscos (sobre todo bivalvos y gasterópodos y algunos ejemplares del género *Dentalium*), radiolas de equinodermos y foraminíferos bentónicos. Al igual que en la muestra I-2/3, los granos sueltos son de cuarzo y calcita y ocupan los tamaños más finos, mientras que en los de mayor diámetro dominan los agregados formados por bioclastos y litoclastos de pequeñas dimensiones, cementados por carbonato cálcico. Estos materiales son los que presentan el mayor nivel de consolidación de todos los hasta el momento analizados.

Este depósito contiene un número elevado de foraminíferos fósiles, muy superior al de las otras muestras estudiadas. Se ha identificado un total de 2.048 individuos. El

suborden Rotaliina alcanza el 99,22% de la muestra, representado de manera exclusiva por *Ammonia beccarii* y *Elphidium crispum* (96,48% y 2,73%, respectivamente). En menor grado aparecen las especies *Adelosina cf. laevigata*, *Quinqueloculina cf. colomi*, *Quinqueloculina cf. duthiersi* y *Quinqueloculina sp.1*, todas ellas pertenecientes al suborden Miliolina. La morfología de estos ejemplares se caracteriza por tener gran cantidad de cámaras y diámetros superiores a los 0,4 mm.

* Nivel I-6

El rasgo de diferenciación más claro de esta duna, respecto al conjunto de depósitos estudiados, es la ausencia absoluta de restos microfaunísticos fósiles y, por tanto, de cualquier caparazón de foraminíferos. Desde el punto de vista morfológico, también aquí dominan los granos agregados, pero formados exclusivamente por litoclastos.

* Depósito I-13

Este registro estratigráfico, situado en la parte alta del sector "Illots" y a techo del sistema dunar de Serra Gelada, está formado por siete niveles, que de base a techo son: I-13-G, I-13-F, I-13-E, I-13-D, I-13-C, I-13-B e I-13-A.

Todos ellos presentan muy pocos materiales de origen orgánico. Cuando existen, están constituidos fundamentalmente, al igual que en las dunas basales, por fragmentos de moluscos, radiolas de equinodermos y foraminíferos bentónicos.

ESPECIE	I-13-G	%	I-13-F	%	I-13-E	%	I-13-D	%	I-13-C	%	I-13-B	%	I-13-A	%
SUBORDEN ROTALIINA														
<i>Ammonia beccarii</i>	16	45,71	1	33,33	16	51,61	1	33,33	1	50	2	100	1	16,67
<i>Asterigerinata mamilla</i>	1	2,86												
<i>Elphidium advenum</i>			1	33,33					1	50				
<i>Elphidium crispum</i>	16	45,71			14	45,16								
<i>Heterolepa cf. haidingeri</i>													1	16,67
Rotaliido indet.													1	16,67
Subtotal	33	94,29	2	66,67	30	96,77	1	33,33	2	100	2	100	3	50
SUBORDEN MILIOLINA														
<i>Adelosina cf. laevigata</i>	1	2,86												
<i>Quinqueloculina sp. 1</i>							1	33,33						
<i>Quinqueloculina sp. 2</i>							1	33,33						
<i>Triloculina cf. affinis</i>					1	3,23								
Miliolido indet.	1	2,86	1	33,33									3	50,00
Subtotal	2	5,71	1	33,33	1	3,23	2	66,67	0	0	0	0	3	50
Total individuos	35	100	3	100	31	100	3	100	2	100	2	100	6	100
Total especies	5		3		3		3		2		1		4	

Tabla 2: Número y porcentaje de individuos y especies de foraminíferos fósiles encontrados en la serie I-13, localizada en la parte alta del sector "Illots". Las muestras están dispuestas en función de su posición, de base a techo, dentro del registro estratigráfico.

Las especies de foraminíferos encontrados corresponden también a dos subórdenes: Rotaliina y Miliolina, siendo el primero el mejor representado. Destacan *Ammonia beccarii* y *Elphidium crispum*, especialmente en los niveles I-13-G e I-13-F, con más del 92% del total de individuos de cada una de las muestras. Estas especies están acompañadas por *Heterolepa cf. haidingeri* en el caso de I-13-A, *Elphidium advenum* en I-13-C e I-13-F y *Asterigerinata mamilla* en I-13-G.

Los caparazones aporcelanados son poco frecuentes y, por tanto, es escasa la representación del suborden Miliolina. Las especies presentes son: *Triloculina cf. affinis* en el nivel I-13-F, *Adelosina cf. laevigata* en I-13-G, junto con *Quinqueloculina* que también aparece de manera esporádica en la serie I-13 (*Quinqueloculina sp. 1* y *sp. 2* en la muestra I-13-D). Con

estas especies aparecen otros miliólidos no identificados, debido a su mal estado de conservación.

Hay que destacar, en conjunto, la disminución progresiva del contenido micropaleontológico a medida que se alcanzan posiciones más altas en la secuencia, con la excepción de la muestra I-13-A que, aún siendo el techo, tiene mayor cantidad de foraminíferos que las inmediatas subyacentes.

B) Muestra I-CP-3

Este nivel que corresponde al sector Pila-Llosar, presenta un componente orgánico similar al que caracteriza las dunas basales del sector "Illots", formado por foraminíferos y otros organismos fósiles con un alto grado de diagénesis.

Esta muestra contiene el segundo número más elevado de foraminíferos fósiles de todos los sedimentos analizados (64 caparazones distribuidos en 4 especies), después del nivel I-4. Hay que destacar la presencia de las especies *Ammonia beccarii* (43,75% del total de individuos) y *Elphidium crispum* (51,56%). El 4,7% restante corresponde a caparazones pertenecientes al suborden Miliolina, con la especie *Quinqueloculina* sp. 1 y dos ejemplares aporcelanados indeterminados.

3. 2. Clasificación sistemática de las especies

Para la clasificación sistemática de las especies encontradas se ha seguido la obra de Loeblich y Tappan (1964) y las modificaciones propuestas por los mismos autores en 1974, 1981, 1984 y 1987. En aquellos ejemplares cuya descripción específica se ha podido completar, se añaden algunas observaciones sobre su ecología que serán utilizadas en la discusión posterior.

ORDEN FORAMINIFERIDA, Eichwald, 1830

SUBORDEN MILIOLINA, Delage & Hérouard 1896

SUPERFAMILIA Miliolacea, Ehrenberg 1839

FAMILIA Spiroloculinidae, Wiesner 1920

Género Adelosina, D'Orbigny 1826

Adelosina cf. *laevigata* (D'ORBIGNY, 1826). Lámina 1, fig. 4

SUPERFAMILIA Miliolacea, Ehrenberg 1839

FAMILIA Hauerinidae, Schwager 1876

SUBFAMILIA Hauerininae, Schwager 1876

Género Massilina, Schlumberger 1893

Massilina cf. *secans* (D'ORBIGNY, 1826)

Género Quinqueloculina, D'Orbigny 1826

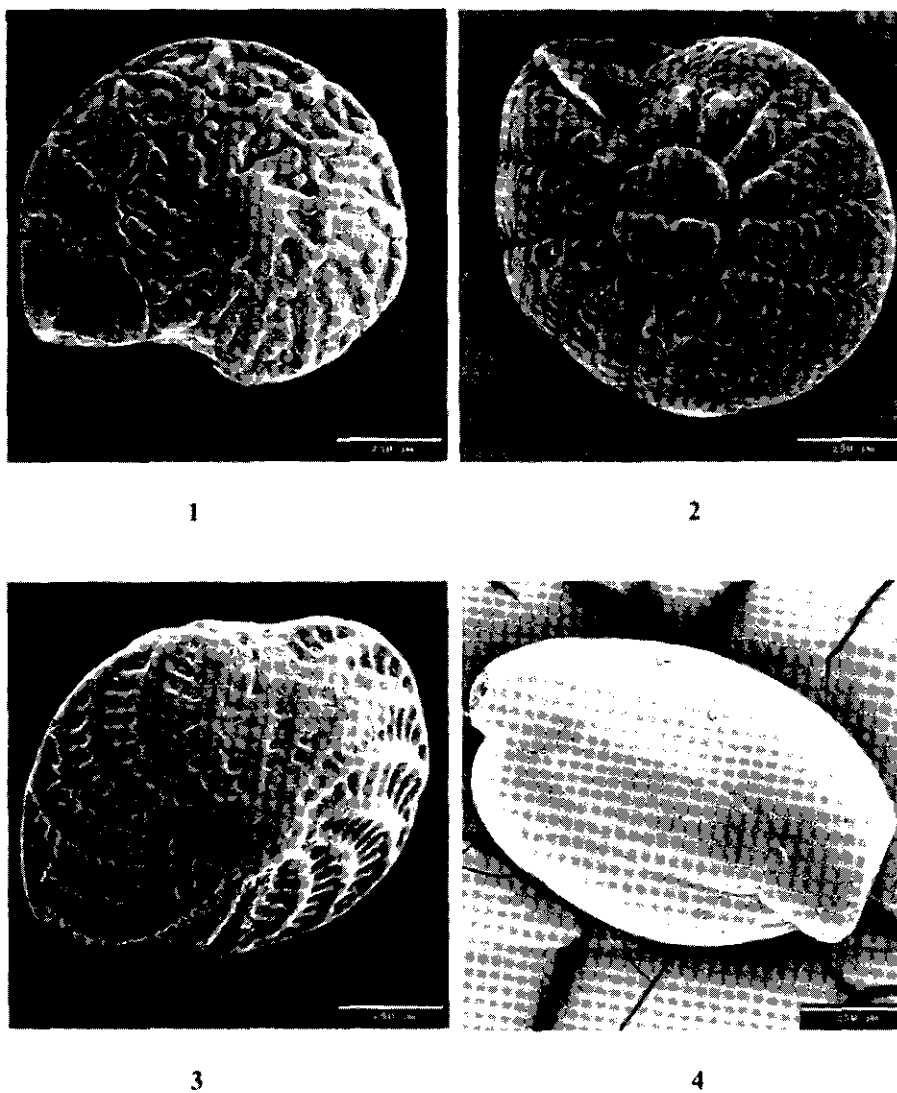


LÁMINA 1

- Fig. 1. *Ammonia beccarii* (LINNÉ, 1758). Lado espiral. Nivel I-4
 Fig. 2. *Ammonia beccarii* (LINNÉ, 1758). Lado umbilical. Nivel I-4
 Fig. 3. *Elphidium crispum* (LINNÉ, 1758). Nivel I-4
 Fig. 4. *Adelosina laevigata* (D'ORBIGNY, 1826). Nivel I-4

(La barra representa 250 μ)

Quinqueloculina cf. *colomi* Le Calvez, 1958
Quinqueloculina cf. *duthiersi* Schlumberger, 1886
Quinqueloculina sp.1
Quinqueloculina sp.2

SUBFAMILIA Miliolinellinae, Vella 1957

Género Triloculina, D'Orbigny 1826
Triloculina cf. *affinis* D'ORBIGNY, 1826

SUBORDEN ROTALIINA, Delage & Hérouard 1896

SUPERFAMILIA Asterigerinacea, D'Orbigny 1839
FAMILIA Asterigerinatidae, Reiss 1963

Género Asterigerinata, Bermúdez 1949
Asterigerinata mamilla (WILLIAMSON, 1858)

Datos ecológicos: Especie de carácter estenohalino, epifaunal, relacionada con ambientes de plataforma hasta 100 m de profundidad. Aparece con frecuencia ligada a fondos colonizados por praderas de fanerógamas marinas (MURRAY, 1971, 1991).

SUPERFAMILIA Rotaliacea, Ehrenberg 1839
FAMILIA Rotaliidae, Ehrenberg 1839
SUBFAMILIA Ammoniinae, Saidova 1981

Género Ammonia, Brünnich 1772
Ammonia beccarii (LINNÉ, 1758). Lámina 1, fig. 1 y 2

Datos ecológicos: Infaunal, prefiere los fondos fangosos o de arenas, en profundidades que oscilan entre 0 y 50 m. Es eurihalina y se adapta a temperaturas entre 0° y 30°. Su hábitat más frecuente son las lagunas costeras y la zona infralitoral (MURRAY, 1973). Las formas encontradas en los sedimentos dunares presentan una morfología típica de ambientes marinos, caracterizada por un grueso caparazón y numerosas pústulas calcáreas en la cara umbilical.

FAMILIA Elphidiidae, Galloway 1933
SUBFAMILIA Elphidiinae, Galloway 1933

Género Elphidium, de Montfort 1808
Elphidium advenum (CUSHMAN, 1922)

Datos ecológicos: Especie relacionada con fondos arenoso-fangosos de escasa profundidad. Pertenece al ámbito de la zona infralitoral y plataforma interna.

Elphidium crispum (LINNÉ, 1758). Lámina 1, fig. 3

Datos ecológicos: Especie estenohalina asociada a fondos fangosos y arenosos con vegetación, en profundidades entre 0 y 50 m y temperaturas superiores a 15°. Su hábitat se limita a la zona infralitoral, siendo muy abundante en todo el Mediterráneo (MURRAY, 1973).

SUPERFAMILIA Chilostomellacea, Brady, 1981

FAMILIA Heterolepidae, González Donoso 1969

Género Heterolepa, Franzenau, 1884

Heterolepa cf. *haidingeri* (D'ORBIGNY, 1846)

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las acumulaciones eólicas estudiadas presentan unas características sedimentológicas muy diferentes, en las que coexisten bioclastos con granos de cuarzo y calcita (I-4), lo que contrasta con depósitos estériles (I-6) o pobres en restos de origen orgánico como es el caso de las demás dunas. Esta variada situación puede deberse bien a condiciones ambientales y geodinámicas diferentes, bien a una transformación post-deposicional por procesos tafonómicos (CEARRETA *et al.*, 1990).

Los niveles I-2/3 e I-4 presentan un contenido micropaleontológico notablemente distinto que, apoyado por los criterios estratigráfico y sedimentológico y la cronología numérica (FUMANAL y YÉBENES, 1996, en esta obra), podría revelar condiciones paleoambientales diferentes del área que suministró el material. El mayor desarrollo y calcificación de los individuos del nivel I-4 nos inducen a pensar en un mar cálido con disponibilidad de carbonato cálcico fácilmente precipitable, mientras que la escasez y menor tamaño de los foraminíferos encontrados en la muestra I-2/3 podrían indicar una temperatura menor del medio.

En la actualidad, la plataforma submarina que se extiende frente a las costas de Serra Gelada y hasta los 30 m de profundidad, se caracteriza por el alto contenido en detríticos, concentrado en la fracción arena (más de un 80%), con diámetros que disminuyen en relación directa con la profundidad y con la distancia al continente (BLÁZQUEZ *et al.*, 1996). En estos sedimentos los foraminíferos bentónicos son escasos y de reducido número y tamaño de las cámaras, sobre todo cuando los clastos terrígenos son silíceos, siendo la especie dominante *Ammonia beccarii* seguida de *Elphidium crispum* (BLÁZQUEZ, 1996). En este sentido, si se produjera una regresión que dejase a la disponibilidad del viento el material de, al menos, 7,5 km de la plataforma submarina actual (equivalente al descenso marino de 30 m de profundidad en Serra Gelada) y si el agente eólico tuviese dirección dominante del SE, las dunas resultantes tendrían posiblemente también un escaso contenido en foraminíferos. No obstante, a cotas inferiores a los -30 m, la incorporación de mayores proporciones de limo-arcillas relacionados con ambientes de menor energía facilitan la aparición de un amplio número de especies que acompañan a las anteriores, entre las que podemos destacar: *Textularia agglutinans*, *Quinqueloculina quadrata*, *Quinqueloculina seminula*, *Quinqueloculina vulgaris*, *Triloculina affinis*, *Triloculina trigonula*, etc., además de una amplia representación del suborden Rotaliina (USERA y BLÁZQUEZ, en prensa).

La asociación de especies más frecuente en la mayor parte de los cuerpos dunares de Serra Gelada es *Ammonia beccarii* y *Elphidium crispum*. Estas dos formas son muy abundantes en el Mediterráneo durante el Pleistoceno y el Holoceno (MATEU, 1981), relaciona-

das con fondos de praderas de fanerógamas marinas (COLOM, 1974), que probablemente colonizarían la plataforma en los momentos de formación de estas dunas durante el Pleistoceno.

Por su carácter eurihalino, la especie *Ammonia beccarii* posee una gran distribución, tanto en zonas costeras como en lagunas interiores (MURRAY, 1973, 1991; BOLTOVSKOY and WRIGHT, 1976; USERA *et al.*, 1990). No obstante, los ejemplares de mar abierto, como los que ofrecen los sedimentos del nivel 1-4, con caparazones muy calcificados, gran tamaño y numerosas cámaras, son propios de ambientes estables, con pocas variaciones en cuanto a salinidad y temperatura. Por contra, *Elphidium crispum* se limita a la plataforma interna, con una distribución estrechamente ligada a sus condiciones estenohalinas.

Por otra parte, es indiscutible al observar los caparazones de foraminíferos la participación de procesos tafonómicos bioestratinómicos, que se manifiesta en el pulimento superficial de la totalidad de los bioclastos, consecuencia de la abrasión eólica. Además, teniendo en cuenta que las especies de mar abierto actúan como estrategias de la *k* (MARGALEF, 1984), la escasa diversidad constatable en las muestras podría atribuirse también a estos factores tafonómicos de tipo destructivo, que afectarían selectivamente a las formas menos resistentes.

La disolución postdeposicional de gran parte de las entidades producidas como explicación a la escasez de fauna del nivel I-2/3, supondría para el mismo un alto grado de diagénesis, sin embargo, es más bien en I-4 donde parece haber existido la mayor precipitación de carbonato cálcico disuelto.

Por su parte, la abrasión de los clastos transportados y acumulados por el agente eólico podría producir la fragmentación parcial o total de las conchas o la desaparición de la entidad. El mal estado de conservación y el pulimento superficial de los caparazones, sobre todo los encontrados en el depósito I-2/3, parecen confirmar la presencia de procesos mecánicos de este tipo, que también explicarían la ausencia de foraminíferos arenáceos (*Textulariina*) y la persistencia de los individuos más resistentes.

La ausencia de restos de origen orgánico en el nivel I-6 no permite establecer ninguna hipótesis desde el punto de vista bioestratigráfico o paleoecológico. Sin embargo,

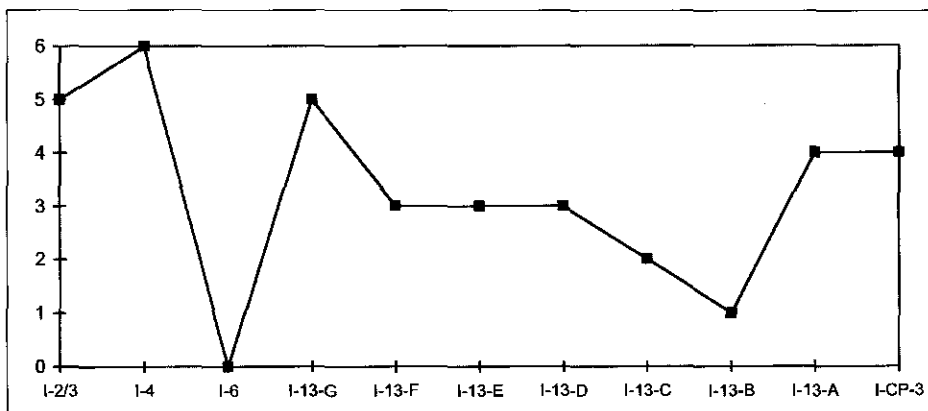


Fig. 1: Valores de diversidad específica de los depósitos dunares del sector "Illots" y del nivel I-CP-3. Las muestras están dispuestas siguiendo la posición estratigráfica, de base a techo, dentro de la secuencia estratigráfica.

en los materiales de la serie I-13 el contenido micropaleontológico igualmente pulimentado y fragmentado —en grado semejante al nivel I-2/3— revela la incidencia de acusados procesos tafonómicos que se pronuncian hacia techo del registro estratigráfico.

La comparación de las diferentes diversidades específicas de las muestras (fig. 1) indica una gran variabilidad de las asociaciones tanto para el sector "Illots" como para la muestra I-CP-3 del sector Pila-Llosar. Las mayores diferencias aparecen en las dunas basales de "Illots", con una diversidad máxima en la muestra I-4 y mínima en la I-6. Por contra, en la serie I-13, a la principal especie identificada en las dunas subyacentes —*Ammonia beccarii*— se incorporan otras nuevas: *Elphidium advenum*, *Asterigerinata mamilla*, *Heterolepa* cf. *haidingeri* y *Tricoloculina* cf. *affinis*. Hay que destacar que la diversidad específica en I-13 es progresivamente menor hacia el techo; no obstante, el número de ejemplares es tan escaso que desde el punto de vista estadístico no es suficiente para confirmar esta tendencia.

Finalmente, las asociaciones de foraminíferos observados en depósitos eólicos de las Islas Baleares (MATEU, 1981; HENNINGSEN *et al.*, 1981), muestran un mejor estado de conservación y asociaciones más complejas que los que aparecen en Serra Gelada. Este hecho podría indicar una mayor incidencia de los procesos tafonómicos mecánicos (fricción, rotura, pulimento, etc.) y químicos (disolución), tanto bioestratinómicos como fosildiagenéticos.

5. CONCLUSIONES

Los niveles I-2/3 e I-4 parecen responder a momentos regresivos distintos a partir de áreas de producción con ambientes diferentes; no obstante, el contenido micropaleontológico de ambas indica la actuación de factores tafonómicos bioestratinómicos y fosildiagenéticos que se manifiestan en la pérdida de la ornamentación de los foraminíferos, la pulimentación superficial y la diagénesis de las conchas. Las características morfológicas y las dimensiones de estos caparazones revelan una temperatura del mar más cálida en el momento de formación del depósito I-4, con mayor disponibilidad de carbonatos disueltos fácilmente precipitables.

La ausencia de restos de origen orgánico en el nivel I-6 no permite establecer ninguna hipótesis desde el punto de vista bioestratigráfico o paleoecológico. Sin embargo, las asociaciones de foraminíferos encontradas en la serie I-13 parecen indicar un aumento progresivo de los procesos tafonómicos hacia el techo. Algunas especies de foraminíferos de este registro como *Elphidium advenum*, *Asterigerinata mamilla* y *Heterolepa* cf. *haidingeri* no están representadas en los numerosos individuos del nivel I-4, por lo que parece difícil atribuir el origen de I-13 a la reelaboración de los materiales subyacentes.

Las asociaciones de foraminíferos de la muestra I-CP-3 tienen una gran semejanza con los del nivel I-4, aunque hay que considerar otros criterios, aparte de la composición micropaleontológica, para poder establecer relaciones entre las secuencias estratigráficas, ya que las entidades conservadas son el resultado de la intensa actuación de los factores tafonómicos, ante los que perduran las especies más resistentes.

La pobreza en el contenido paleontológico de la mayoría de los niveles estudiados no permite una comparación de los mismos con los analizados en las costas de Ibiza y Formentera (HENNINGSEN *et al.*, 1981) y el Mar Menor (MATEU, 1981).

BIBLIOGRAFÍA

- BLÁZQUEZ, A.M. (1996) La plataforma continental interna: facies sedimentarias y foraminíferos bentónicos (Marjal de Oliva-Pego y la Vila Joiosa). *Cuadernos de Geografía*, 59: 3-26
- BLÁZQUEZ, A.M., FUMANAL, M.P. y J. OLMO (1996) Rasgos sedimentológicos de la plataforma interna valenciana (tramo Oliva-la Vila Joiosa) y su relación con la geomorfología continental. *Cadernos do Lab. Xeolóxico de Laxe*. Galicia, 21: 671-684.
- BOLTOVSKOY, E. and R. WRIGHT (1976) *Recent Foraminifera*. The Hague, W. Junk (ed.), 515 pp.
- CEARRETA, A., EDESO, J.M., MERINO, A., UGALDE, Tx. y F.M. UGARTE (1990) Las dunas litorales de Barrika (Costa Occidental de Bizkaia), *KOBIE (Serie Ciencias Naturales)*, Bilbao, XIX: 77-83
- CHAVE, K.E. (1964) Skeletal durability and preservation. En IMBRIE J. and N.D. NEWELL (eds.): *Approaches to Paleoecology*, New York, Wiley. Cf. pp. 377-387
- COLOM, G. (1974) Foraminíferos Ibéricos. *Investigación Pesquera*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Patronato Juan de la Cierva, 38 (1): 1-245.
- CULVER, S. J. (1993) Foraminifera. *Fossil Prokaryotes and Protistas*, Lere H. LIPPS (ed.), Blackwell Scientific Publications. Cf. pp. 203-247.
- FISHER, R.A., CORVET, A.S. and C.B. WILLIAMS (1943) The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal Animal Ecology*, 12: 42-58.
- FUMANAL, M.P. y A. YÉBENES (1996) Los depósitos cuaternarios de les Penyes de l'Albir en el contexto sedimentario litoral valenciano. *Cuadernos de Geografía*, 60: 259-294.
- HENNINGSEN, D., KELLETAT, D. und H. HAGN (1981) Die quartären Aolianite von Ibiza und Formentera (Balearen, Mittelmeer) und ihre Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte der Inseln. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 31: 109-133.
- LOEBLICH, A.R. and H. TAPPAN (1964) The camoebians and Foraminiferida. In: MOORE, R.C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part C, Protista 2. The Geological Society of America and the University of Kansas Press, 2 vols., 900 pp.
- LOEBLICH, A.R. and H. TAPPAN (1974) Recent advances in the classification of the Foraminiferida. In: HEDLEY, R.H. and ADAMS, C.G. (eds.). *Foraminiferida* I. New York, Academic Press. Cf. pp. 1-53.
- LOEBLICH, A.R. and H. TAPPAN (1981) Suprageneric revision of some calcareous Foraminiferida. *Journal of Foraminiferal Research*, 11: 159-164.
- LOEBLICH, A.R. and H. TAPPAN (1984) Suprageneric classification of the Foraminiferida (Protozoa). *Micropaleontology*, 30, 1: 1-70.
- LOEBLICH, A.R. and H. TAPPAN (1987). *Foraminiferal Genera and their classification*. New York, Van Nostrand Reinhold Company. 970 + 212 pp.
- MARGALEF, R. (1984) *Ecología*. Barcelona, Omega. 951 pp.
- MATEU, G. (1981) Los foraminíferos plio-pleistocénicos de las formaciones litorales del Mar Menor (Murcia) y las condiciones paleoecológicas del Mediterráneo. *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*, VI: 273-304.
- MURRAY, J. W. (1971) *An Atlas of British Recent Foraminiferids*. London, Heinemann Educational Books. 244 pp.
- MURRAY, J. W. (1973) *Distribution and Ecology of living Benthic Foraminiferids*. London, Heinemann Educational Books. 274 pp.
- MURRAY, J. W. (1991) *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Essex, Longman Scientific and Technical. 397 pp.

- SHANNON, C.E. and W. WIENER (1949): *The mathematical theory of Communication*. Urbana, University Illinois Press. 117 pp.
- USERA, J., ROBLES, F., MARTÍNEZ-LÓPEZ, F. y Y. ARCO (1990) Fauna actual de gasterópodos y foraminíferos de la Marjal de Torreblanca (Castellón). *Iberus*, 9: 515-526.
- USERA, J. y A.M. BLÁZQUEZ (en prensa) Influencia del sustrato en la distribución y ecología de los foraminíferos bentónicos de la plataforma continental interna entre Valencia y Alicante (España). *Revista Española de Micropaleontología*, XXIX.