

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LOS FORAMINÍFEROS DEL CUATERNARIO RECIENTE DEL MAR DE ALBORÁN

Ignacio GARCÍA SANZ¹
Juan USERA¹

¹Departamento de Geología. Universidad de València.
C/ Dr. Moliner, 51, 46100 Burjassot (Valencia).
igarsanz@alumni.uv.es
juan.usera@uv.es

RESUMEN: Se estudian las asociaciones de foraminíferos actuales del Mar de Alborán a partir de seis muestras obtenidas por el buque Oceanográfico Vizconde de Eza en el Mar de Alborán en el año 2003. Se ha procedido a la identificación de las especies bentónicas y planctónicas a partir de 300 ejemplares para cada muestra. La especie más abundante del bentos entre otras es *Nonion fabum* (Fichtel & Moll). Del plancton la más abundante es *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), seguida de *Globigerina bulloides* d'Orbigny. Por los índices de diversidad calculados, se puede observar que hay diferencias según profundidad, debido a que tres de las muestras están a 300m y otras tres alrededor de 500m; El índice de oceanización varía también, ya que aumenta la proporción de planctónicos debido a un aumento de *G. inflata*.

RESUM: S'estudien les associacions de foraminífers actuals del Mar d'Alborán a partir de sis mostres obtingudes pel vaixell Oceanogràfic Vescomte d'Eza al Mar d'Alborán en l'any 2003. S'ha procedit a la identificació de les espècies bentòniques i planctòniques a partir de 300 exemplars per a cada mostra. L'espècie més abundant del bentos entre altres és *Nonion fabum* (Fichtel & Moll). De plàncton la més abundant és *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), seguida de *Globigerina bulloides* d'Orbigny. Pels índexs de diversitat calculats, es pot observar que hi ha diferències segons profunditat, ja que tres de les mostres estan a 300m i tres al voltant de 500m; l'índex de oceanización varia també, ja que augmenta la proporció de planctònics a causa d'un augment de *G. inflata*.

SUMMARY: Current foraminifera associations Alboran Sea from six samples obtained by the oceanographic vessel Vizconde de Eza in the Alboran Sea in 2003. The procedure was the identification of benthic and planktonic species from study 300 copies for each sample. The most abundant species is benthic including *Nonion fabum* (Fichtel & Moll). From the most abundant plankton is *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), followed by *Globigerina bulloides* d'Orbigny. By the diversity indices calculated, it can be seen that there are differences depending on depth, because three of the samples are 300m and three around 500m; Oceanización index also varies as the proportion of planktonic due to increased *G. inflata*.

Palabras clave: Foraminíferos, Cuaternario, Alborán, diversidad, oceanización.

Paraules clau: Foraminífers, Quaternari, Alborán, diversitat, oceanización.

Key words: Foraminifera, Quaternary, Alboran, diversity, oceanization

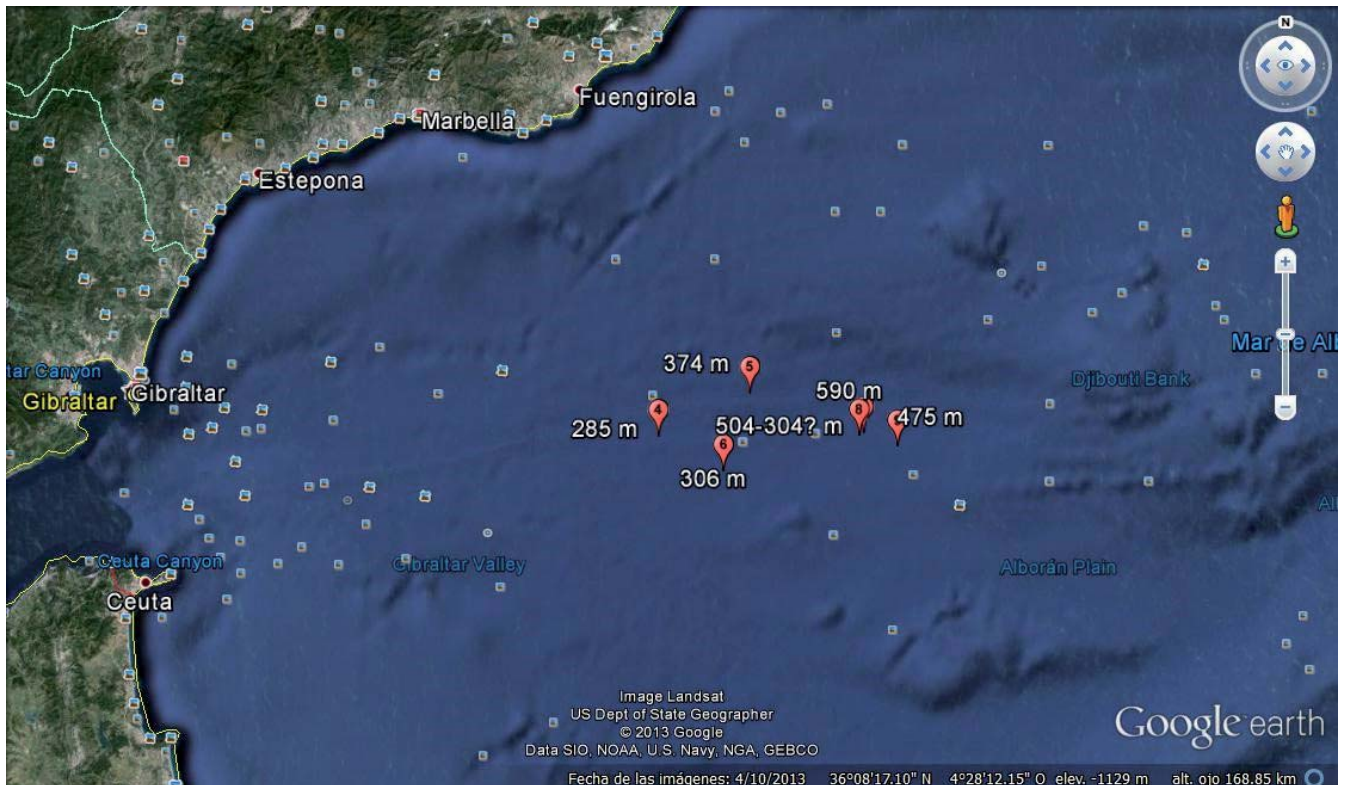


Fig. 1: situación de las muestras mostradas en el google earth.

1. INTRODUCCIÓN

El mar de Alborán se encuentra en la parte más occidental del Mar Mediterráneo, en contacto a través del estrecho de Gibraltar con el Atlántico. Por esta circunstancia se convierte en un área de especial interés científico. Existen numerosos estudios basados en foraminíferos del Cuaternario centrados en cambios paleoclimáticos del Mar de Alborán (Pujol y Vergnaud Grazzini, 1994; González Donoso et al, 1991; Linares et al, 1999), otros se basan en la variedad de especies estudiadas (Usera y Alberola, 2009; Usera et al., 2010; Giner-Baixauli et al, 2012; Guillem et al, 2014-15; García et al, 2015). A partir de diversos estudios realizados por el Instituto Español de Oceanografía se han obtenido una serie de muestras del sedimento superficial de los fondos de la zona norte y central del Mar de Alborán en distintos dragados en los años 2002 y 2003. En estas campañas se recogieron en el 2002 cincuenta y siete muestras cada una con sus coordenadas GPS y los metros de profundidad en la que se encontraban. En las 142 muestras recogidas por el buque oceanográfico Vizconde de Eza en la campaña de

2003 también se procedió de la misma manera. Este trabajo se basa en el estudio de una tanatocenosis de foraminíferos de 6 muestras de los fondos del Mar de Alborán en donde se tratará de identificar los foraminíferos y obtener los correspondientes índices de diversidad y de oceanización.

2. MATERIALES

El muestreo fue realizado utilizando una draga Shipec o de cazoleta, que se lanza desde la superficie y que al colisionar con el fondo se acciona y cierra sus mandíbulas tomando la muestra. La posición de cada una de las muestras se realizó mediante un sistema de posicionamiento GPS diferencial SeaStar. Las posiciones fueron calculadas en el sistema de referencia WGS84, al cual los navegadores GPS refieren siempre sus datos.

Las muestras estudiadas están seriadas como Alborán 3 serie S, las seis muestras analizadas se encuentran concretamente en los cañones de Fuengirola y Calahonda, a continuación se expondrán los metros de profundidad de cada muestra y sus coordenadas (Fig. 1):

S134: 285 m de profundidad. Coordenadas (36,44941667000/-4,54436666700)
 S135: 374 m profundidad. Coordenadas (36,43918333000/-4,56593333300)
 S136: 306 m profundidad. Coordenadas (36,43643333000/-4,57588333300)
 S137: 504-304?m de profundidad. Coordenadas (36,37395000000/-4,65741666700)
 S138: 590m de profundidad. Coordenadas (36,35386667000/-4,69053333300)
 S139: 475m profundidad. Coordenadas (36,37541667000/-4,69978333300)

3. METODOLOGÍA

A partir de 50 g de cada muestra se ha procedido al lavado de cada una de ellas. Consiste en dejar reposar el substrato de la muestra en agua caliente durante un día para que la arena se desagregue dentro del agua.

El siguiente paso fue filtrar cada muestra por un tamiz de 0,063 µm de diámetro hasta obtener un residuo tamaño arena. Este material se expone a una lámpara de luz infrarroja para su secado.

Se identifican entre 300 y 500 foraminíferos por muestra utilizando para su clasificación los trabajos de (Barker, 1960; Colom, 1974; Kennet, James, 1983; Martins & Dragao Gomes, 2004; Milker & Schmiendl, 2012).

A partir de los datos obtenidos del número de individuos por especie en cada muestra, se calcularon el índice de oceanización y los índices de diversidad mediante el programa PAST (Hammer & Harper, 2006).

Índice oceanización: $IO = (P/P+B)$

- P es el número de individuos planctónicos.
- B es el número de individuos bentónicos.

Nos dará la proporción de planctónicos frente a bentónicos de cada muestra. Conociendo que a mayor profundidad aumenta la proporción de planctónicos, valores mayores nos indicaran mayores profundidades de la muestra.

Índices diversidad:

1-Simpson (D): Simpson (1949) dio la probabilidad de que dos individuos cualesquiera extraídos al azar de una comunidad infinitamente grande perteneciesen a diferentes especies. A medida que D se incrementa, la diversidad

decrece y el índice de Simpson es por lo tanto expresado normalmente como 1-D o bien 1/D. El índice de Simpson está fuertemente ligado hacia las especies más abundantes de la muestra mientras que es menos sensible a la riqueza de especies. (May, 1975) ha demostrado que una vez que el número de especies es de 10 o más, la distribución subordinada de abundancia de especies es importante para determinar si el índice tendrá un valor alto o bajo. (Krebs, 1989; Magurran, 1988).

La fórmula para el índice de Simpson es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

- S es el número de especies.
- N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas).

- n es el número de ejemplares por especie.

2-Shannon-Weaver: El índice de Shannon considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población "indefinidamente grande", esto es, una población efectivamente infinita (Pielou, 1975). El índice también asume que todas las especies están representadas en la muestra. El valor del índice de Shannon varía entre 1.5 y 3.5 y sólo raramente sobrepasa 4.5. (Krebs, 1989; Magurran, 1988).

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

- S número de especies (la riqueza de especies).

- p_i proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i/N

- n_i número de individuos de la especie i.

- N número de todos los individuos de todas las especies. De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en

Alborán 03						
Benthos	\$ 134	\$ 135	\$ 136	\$ 137	\$ 138	\$ 139
Ammonia beccarii (Linné, 1758)	2	0	4	0	0	15
Ammonia inflata (Seguenza, 1862)	2	2	3	1	0	0
Amphicoryna scalaris (Batsch, 1791)	5	1	7	4	5	4
Anomalinoidea colligerus (Chapman & Parr, 1937)	0	0	0	1	0	0
Bolivina alata (Seguenza, 1862)	5	5	4	15	4	5
Bolivina difformis (Williamson, 1858)	0	2	0	0	0	0
Bolivina dilatata Reuss, 1850	0	8	4	32	0	0
Bolivina ordinaria Phleger & Parker, 1952	2	9	0	0	0	0
Bolivina spathulata (Williamson, 1858)	29	5	8	16	3	14
Bolivina striatula Cushman, 1922	3	3	2	18	0	1
Bolivina subspinescens Cushman, 1922	0	0	0	1	0	1
Bulimina aculeata d'Orbigny, 1826	4	6	13	1	0	1
Bulimina marginata f. acanthia Costa, 1856	0	0	4	0	0	0
Bulimina marginata d'Orbigny, 1826	21	20	20	12	11	22
Bulimina striata d'Orbigny, in Guérin-Méneville, 1843	1	0	0	1	0	0
Cassidulina crassa d'Orbigny, 1839	1	0	3	0	0	0
Cassidulina laevigata d'Orbigny, 1826	11	5	7	25	15	24
Chilostomella oolina Schwager, 1878	0	0	1	0	0	0
Cibicides refulgens de Montfort, 1808	0	0	3	0	0	1
Cibicides wuellerstorfi (Schwager, 1866)	0	1	0	2	4	4
Cibicidoides pseudoungerianus (Cushman, 1922)	2	0	0	0	0	0
Elphidium advenum (Cushman, 1922)	1	0	3	2	0	0
Epistomina elegans (d'Orbigny, 1826)	0	1	0	0	6	3
Globobulimina affinis (d'Orbigny, 1839)	0	0	1	1	4	1
Globobulimina auriculata (Bailey, 1894)	0	0	0	0	0	1
Globobulimina glabra Cushman & Parker, 1947	0	0	0	0	0	1
Globobulimina pyrula (d'Orbigny, 1846)	1	0	0	0	0	1
Globocassidulina crassa (d'Orbigny, 1839)	1	0	0	0	0	0
Guttulina communis d'Orbigny, 1826	0	0	1	1	0	0
Gyroidina altiformis Stewart & Stewart, 1930	1	0	0	1	0	0
Gyroidina umbonata (Silvestri, 1898)	2	0	2	1	0	1
Hansenisca soldanii d'Orbigny, 1826	0	0	0	0	3	3
Hanzawaia boueana (d'Orbigny, 1846)	5	1	1	0	1	1
Homalohedra acuticosta (Reuss, 1861)	0	0	1	0	0	1
Hyalinea bathica (Schröter, 1783)	24	15	22	4	22	10
Lenticulina orbicularis (d'Orbigny, 1826)	0	0	0	0	3	0
Lobatula lobatula (Walker & Jacob, 1798)	0	2	0	0	0	3
Marginulina similis d'Orbigny, 1846	0	0	0	0	0	2
Melonis barleeanus (Williamson, 1858)	1	0	6	0	5	0
Neolenticulina peregrina (Schwager, 1866)	0	0	0	1	0	1
Neolenticulina variabilis (Reuss, 1850)	1	1	0	0	0	0
Nonion commune (d'Orbigny, 1846)	53	60	58	32	4	9
Nonionoides turgida (Williamson, 1858)	0	0	0	2	0	0
Pleurostomella alternans Schwager, 1866 †	1	1	0	0	0	0
Praeglobobulimina pupoides (d'Orbigny, 1846)	0	0	0	0	0	1
Quinqueloculina seminula (Linné, 1758)	0	0	0	1	0	0
Quinqueloculina stalkerii Loeblich & Tappan, 1953	0	0	0	1	0	0
Rectuvigerina elongatastriata (Colom, 1952)	4	4	3	3	10	8
Reophax curtus Cushman, 1920	0	0	1	0	0	0
Sphaeroidina bulloides d'Orbigny, 1826	1	0	0	1	0	0
Uvigerina mediterranea Hofker, 1932	5	4	5	8	10	27
Uvigerina peregrina Cushman, 1923	15	10	12	6	25	13
Valvulineria bradyana (Fornasini, 1900)	4	0	1	0	0	0
Plancton						
Globigerina bulloides d'Orbigny, 1826	83	41	57	136	30	107
Globigerina falconensis Blow, 1959	7	0	3	33	0	7
Globigerinella siphonifera (d'Orbigny, 1839)	1	1	1	1	6	2
Globigerinoides conglobatus (Brady, 1879)	0	0	0	0	1	0
Globigerinoides ruber "alba" (d'Orbigny, 1839)	15	2	9	11	8	23
Globigerinoides ruber "rosa" (d'Orbigny, 1839)	3	0	0	0	1	3
Globigerinoides sacculifer (Brady, 1877)	2	3	3	0	3	2
Globorotalia inflata (d'Orbigny, 1839)	96	45	43	51	238	132
Globorotalia scitula (Brady, 1882)	1	0	2	0	0	0
Globorotalia truncatulinoides (d'Orbigny, 1839)	0	0	0	0	2	4
Neogloboquadrina dutertrei (d'Orbigny, 1839)	4	0	4	0	0	10
Neogloboquadrina pachyderma (Ehrenberg, 1861)	10	0	3	0	0	0
Orbulina universa d'Orbigny, 1839	1	0	0	1	6	5
Turborotalita quinqueloba (Natland, 1938)	2	0	3	25	0	0

Fig. 2: tabla de las especies identificadas, 53 de foraminíferos bentónicos y 14 de planctónicos.

el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

3- Fisher α (Fisher et al, 1943): Es una serie logarítmica que describe matemáticamente la relación entre el número de especies y el número de individuos de estas especies. (Krebs, 1989).

4. RESULTADOS

Los resultados del estudio se muestran en la (Fig. 2), donde figuran cada muestra y el número de individuos en cada una de ellas.

Los índices de oceanización y diversidad se muestran en (Fig. 3, 4, 5, 6 y 7).

Muestras Benthos	S 134	S 135	S 136	S 137	S 138	S 139
Especies	29	22	28	28	17	29
Individuos	208	166	200	194	135	179
Simpson (1-D)	0,8798	0,8316	0,8773	0,8994	0,8994	0,915
Shannon_H	2,576	2,347	2,645	2,613	2,532	2,763
Fisher alpha	9,161	6,8	8,861	8,98	5,144	9,804
Muestras Plancton	S 134	S 135	S 136	S 137	S 138	S 139
Especies	12	5	10	7	9	10
Individuos	225	92	128	258	295	295
Simpson (1-D)	0,6738	0,5605	0,6804	0,6555	0,337	0,6598
Shannon_H	1,444	0,954	1,476	1,325	0,781	1,372
Fisher alpha	2,708	1,134	2,538	1,327	1,754	2
Oceanización	0,5196	0,3566	0,3902	0,5708	0,686	0,6224

Fig. 3: resultados del índice de oceanización y los índices de diversidad.

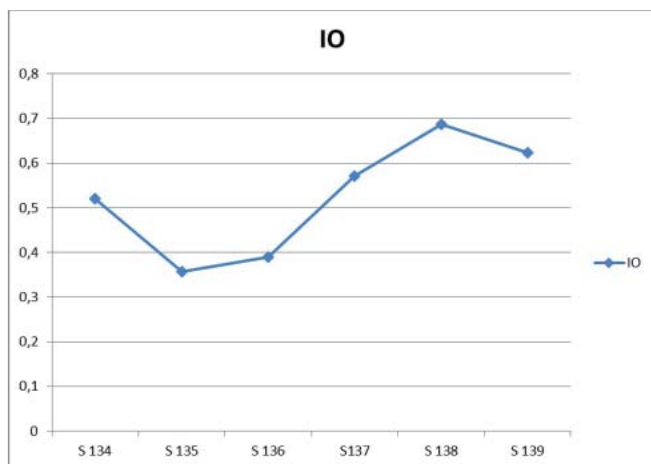


Fig. 4: índice de Oceanización.

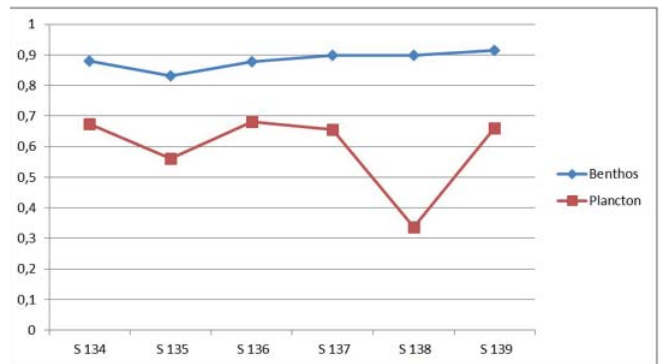


Fig. 5: índice de Simpson (1-D).

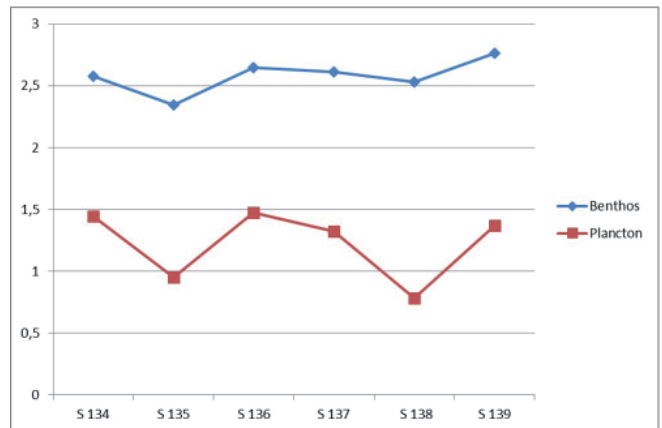


Fig. 6: índice de Shannon-Weaver.



Fig. 7: índice de Fisher- α .

5. DISCUSIÓN

En las seis muestras estudiadas (Fig. 2), y de acuerdo con otros trabajos como (Usera y Alberola, 2009; Usera et al, 2010; Giner-Baixauli et al, 2012), los foraminíferos bentónicos tienen una mayor diversidad que los planctónicos, casi en una proporción 1:10.

En los foraminíferos bentónicos es uniforme el número de individuos por especie comparado con los planctónicos. La especie más común es *N. fabum*, aunque su número dis-

minuye con la profundidad; la segunda más abundante es *Bulimina marginata* d'Orbigny unida a: *Hyalinea balthica* (Schröter), *Cassidulina laevigata* d'Orbigny, *Uvigerina peregrina* Cushman y *Uvigerina mediterranea* Hofker. En el trabajo de (Giner-Baixauli et al, 2012) las comunes son *U. peregrina* y *U. mediterranea*. (Fig. 8)

En el plancton la especie más abundante es *G. inflata*, tal como menciona (González Donoso et al, 1991), seguida de *G. bulloides*: A mayor profundidad de las muestras mayor es la abundancia de foraminíferos planctónicos y de *G. inflata*. (Fig. 9)

El índice de oceanización (Fig. 4) nos indica que las muestras que tienen menor proporción de plancton son las de menor profundidad (S134, S135 y S136).

En cuanto a los índices de diversidad vemos que se confirma estadísticamente lo que ya se mencionaba anteriormente, según las (Fig. 5 y 6), los índices de Simpson y Shanon, el bentos tiene mayor diversidad que el plancton y los resultados están de acuerdo con trabajos como (Usera y Alberola, 2009; Usera et al, 2010; Giner-Baixauli et al, 2012).

La (Fig. 7) nos confirma lo mismo que estamos observando en los otros gráficos, tendremos en cuenta que para este índice un número de individuos menor de 100 puede darnos un resultado erróneo; en este caso el único punto que debemos tener dudas es el del S135 plancton.

6. CONCLUSION

La diferencia encontrada en la especie más abundante de las formas bentónicas en este trabajo y el de (Giner-Baixauli et al, 2012) se debe a la situación de las muestras analizadas.

Las muestras con menor diversidad la S138 y S135 se debe a que son unas de las que menos especies tienen o menor número de individuos.

El índice de oceanización nos separa dos grupos: las que están a una profundidad de 300 m (S134, S135 y S136) y las de 500 m (S137, S138 y S139), coincidiendo las que tienen mayor profundidad con las que contienen mayor proporción de plancton.

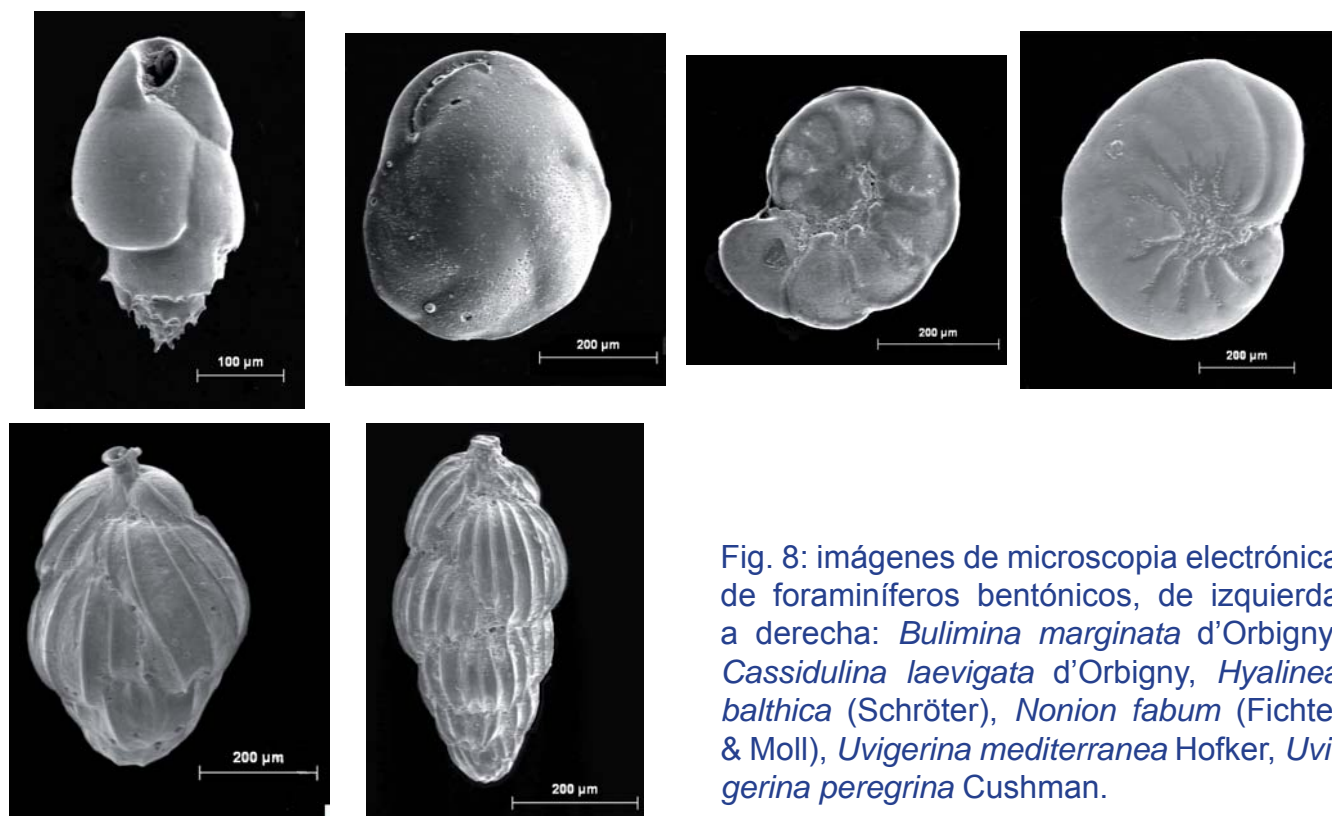


Fig. 8: imágenes de microscopia electrónica de foraminíferos bentónicos, de izquierda a derecha: *Bulimina marginata* d'Orbigny, *Cassidulina laevigata* d'Orbigny, *Hyalinea balthica* (Schröter), *Nonion fabum* (Fichtel & Moll), *Uvigerina mediterranea* Hofker, *Uvigerina peregrina* Cushman.

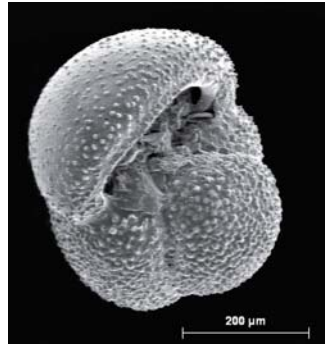
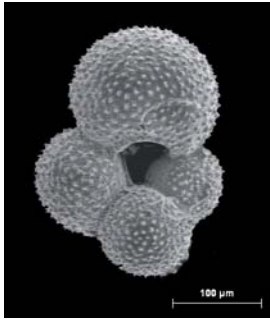


Fig. 9: imágenes de microscopia electrónica de foraminíferos planctónicos: *Globigerina bulloides* d'Orbigny e *Globorotalia inflata* (d'Orbigny).

7. BIBLIOGRAFÍA

BAKER, R.W., (1960): *Taxonomic Notes on the Species Figured by H.B. Brady in his Report on the Foraminifera Dredged by H.M.S. Challenger During the years 1873-1876*. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, special publication No. 9, 2-240.

COLOM, G., (1974): *Foraminíferos Ibéricos: Introducción al estudio de las especies bentónicas recientes*. Investigación pesquera, 38(1), 63-211.

FISHER, R.A., CORBET, A.S. y WILLIAMS, C.B., (1943): *The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population*. J. Anim. Ecol., 12, 42-58.

GARCÍA, I., USERA, J., GUILLEM, J., GINER-BAIXAULI, A., ALBEROLA, C., (2015): *Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán*. Libro resúmenes XXXI S.E.P. Baeza 2015, 133-134.

GINER-BAIXAULI, A., USERA, J., GUILLEM, J. & ALBEROLA, C., (2012): *Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán III: sector sur de Motril (Granada)*. Libro de resúmenes XXVIII S.E.P. Valencia-Soller 2012, 71-73.

GUILLEM, J., USERA, J., GARCÍA, I., GINER-BAIXAULI, A., ALBEROLA, C., (2014): *Nuevos datos sobre los foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán*. Libro de resúmenes XXX S.E.P. Teruel 2014, 111-114.

GUILLEM, J., USERA, J., GINER-BAIXAULI, A., GARCÍA SANZ, I., ALBEROLA, C., (2015): *Bathymetric distribution of selectec recent benthic foraminifera in the Alboran sea*. Libro de resúmenes XXXI S.E.P. Baeza 2015, 143-145.

GONZÁLEZ DONOSO, J.M., GONZÁLEZ PADILLA, I.M., PALMQVIST, P., (1991): *Contribución al conocimiento de la Paleoceanografía del mar de Alborán (Mediterráneo occidental) mediante el estudio de los Foraminíferos planctónicos de un testigo de sondeo*. Revista Española de paleontología, 6(2), 191-205.

HAMMER & HARPER, (2006): *Paleontological Data Analysis*. Blackwell, 6, 186-197.

KENNET, JAMES, P., (1983): *Neogene planktonic foraminifera*. Hutchinson Ross, 17-244.

KREBS, C.J., (1989): *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York, 10, 357-361.

LINARES, D., GONZÁLEZ DONOSO, J.M. and SERRANO, F., (1999): *Paleoceanographic conditions during the quaternary at sites 976 (Alboran sea) and 975 (Menorca Rise) inferred from the planktonic foraminiferal assemblages: Basis for a Biostratigraphy*. Proceedings of the Ocean Drilling program. Scientific Results, 161, 441-455.

MAGURRAN, ANNE E., (1988): *Diversidad Ecológica y su Medición*. Vedral, Barcelona, 2, 9-52.

- MARTINS, V. & DRAGAO GOMES, V., (2004): *Foraminíferos da margen Continental NW Ibérica: Sistemática, Ecología e Distribuição*. Celso de Sousa Figueiredo Gomes, 11-312.
- MAY, R.M., (1975): *Patterns of species abundance and diversity*. In *Ecology and Evolution of communities* (eds M.L. Cody y J.M. Diamond, Harvard University Press, Cambridge, MA, 81-120.
- MILKER, Y. & SCHMIEDL, G., (2012): *A Taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean sea*. *Palaentologia Electronica* Vol. 15, Issue 2; 16A, 134p.
- PIELOU, E.C., (1975): *Ecological Diversity*. Wiley, New York.
- PUJOL, C. & VERGNAUD GRAZZINI, C., (1995): *Distribution patterns of live planktic foraminifers as related to regional hydrography and productive systems of the Mediterranean Sea*. *Marine Micropaleontology* 25, 187-217.
- USERA, J. y ALBEROLA, C., (2009): *Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán. Parte I: Sector Cabo Sacratif*. En: XXV Jornadas de la sociedad Española de Paleontología. Comunicaciones: 270-271.
- USERA, J., ALBEROLA, C. & BRITO, J.M. (2010): *Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán. Parte II: Sector Golfo de Almería*. Publicaciones del seminario de Paleontología de Zaragoza, 9, 302-304.

www.paleoisurus.com

asociacion@paleoisurus.com

