DECODIFICANDO MEDIANTE MICROFÓSILES LA CRISIS DE SALINIDAD DEL MEDITERRÁNEO COMO RECURSO DIDÁCTICO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Decoding the Mediterranean Salinity Crisis by microfossils as teaching resource in Geosciences

Corbí, H., Giannetti, A., Baeza Carratalá, J.F.

Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Apdo. 99, San Vicente del Raspeig, 03080 Alicante. (hugo.corbi@ua.es; alice.giannetti@ua.es; jfbaeza@ua.es)

Abstract: Studying scientific topics is more interesting if theory is followed by practice. Through the activity herein presented students are introduced to the study of microfossils and paleoenvironmental reconstructions, applying them to one of the most significant event in the recent history of the Mediterranean Sea: the desiccation and posterior reflooding of the basin, occurred about five millions years ago. The activity is articulated into three sessions: a theoretical one, by which the basic concepts necessary for working out the activity are introduced, a practical one, focused on the data gathering, and a last one, during which results are interpreted and presented to the class, in the form of both scientific paper and oral debate. Dataset needed for the elaboration of the activity is included in the present paper and references for the introduction of the theoretical concept are proposed as well.

Resumen: El estudio de las disciplinas científicas resulta más atractivo si se acompaña de actividades de carácter práctico. En este trabajo se propone un taller cuya finalidad es introducir al alumnado en el estudio de los microfósiles y de las reconstrucciones paleoambientales aplicándolo a uno de los eventos más significativos ocurridos en el área Mediterránea, que conllevó la desecación y posterior reinundación de toda la cuenca hace aproximadamente unos cinco millones de años. El taller consta de tres sesiones: una teórica, de introducción de los contenidos necesarios para el desarrollo de la actividad, una práctica, de obtención de datos, y una final, de interpretación de los cambios ambientales y presentación de los resultados en forma de artículo científico y posterior debate en el aula. Todos los datos necesarios para el desarrollo de la actividad se proporcionan en el presente artículo. Además, se proponen una serie de recursos bibliográficos y audiovisuales de fácil acceso para la introducción de los conceptos teóricos.

Keywords: Geoscience teaching, Micropaleontology, Microfossils, Foraminifers, Mediterranean Salinity Crisis

Palabras clave: Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, Micropaleontología, Microfósiles, Foraminíferos, Crisis de Salinidad del Mediterráneo

INTRODUCCIÓN

Los foraminíferos, habitualmente denominados "forams" o apodados también "living sands" (Margulis y Brynes, 1999), son un grupo de organismos protozoos que fosilizan fácilmente debido a que la mayoría de ellos poseen un caparazón calcáreo. Este grupo de organismos presenta las siguientes particularidades, que les confieren alto potencial científico: a) la mayoría poseen un caparazón de pequeño tamaño (0.1 mm - 1 cm); b) amplia distribución temporal ya que se desarrollan desde el Cámbrico hasta la actualidad; c) amplia distribución geográfica, puesto que pueden vivir en una gran variedad de ambientes marinos e incluso lagunares y d) abundancia extrema especialmente en materiales Meso- y Cenozoicos. Estas singularidades determinan que puedan encontrarse miles de ejemplares en una pequeña muestra de sedimento, lo que hace que este grupo de organismos posea numerosas aplicaciones en investigación de ciencias de la Tierra. Entre éstas destacan, por su relevancia las siguientes: a) estudio del clima, en particular los cambios climáticos recientes durante el Cuaternario; b) indicadores de contaminación en medios marinos actuales; c) interpretación de paleoambientes complementando la información estratigráfica y sedimentológica; y d) dataciones bioestratigráficas en materiales antiguos.

Los foraminíferos pueden ser separados de los materiales que los incluyen mediante una técnica sencilla como el levigado para a continuación ser observados mediante lupa binocular (Caracuel et al., 2004). Todo ello, les confiere un alto potencial como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias de la Tierra y ciencias frontera entre biología y geología como paleobiología, paleoecología y ciencias medioambientales (Calonge et al., 2001). Las principales aplicaciones didácticas derivadas del uso de los foraminíferos en la enseñanza son las siguientes: a) el ciclo de vida, biología y morfología como introducción a los organismos unicelulares (Calonge et al., 2001); b) el procesado de las muestras mediante la técnica de levigado y manejo de la lupa binocular como introducción al laboratorio de ciencias de la Tierra (Caracuel et al. 2004); c) aproximación a la taxonomía de los foraminíferos como introducción al concepto de clasificación morfológica de los organismos; d) empleo en la datación de rocas (bioestratigrafía) y reconstrucción de los ambientes del pasado (Arenillas et al., 2000; Hippensteel, 2006).

En este trabajo se propone un taller planteado para los alumnos de Bachillerato de los Institutos de Educación Secundaria. Como se detalla en los siguientes apartados, el trabajo se centra en el análisis de distintas asociaciones de microfósiles siguiendo la metodología propuesta en la "Guía de actividades", para poder al final llegar a reconstruir los principales cambios ambientales que afectaron el área del Mediterráneo hace unos cinco millones de años. Al finalizar el taller, los alumnos habrán aprendido a reconocer los principales grupos de microfósiles, a distinguir entre foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos, a calcular los parámetros básicos en una investigación micropaleontológica y finalmente, a utilizar los resultados obtenidos para hacer sencillas reconstrucciones paleoambientales. Además, el taller propuesto resulta muy útil para introducir el tema de la Crisis de Salinidad del Messiniense, uno de los eventos más relevantes y estudiados en la historia geológica del Mediterráneo (para más detalles y referencias ver Soria, 2006). El taller se presta también a un trabajo de tipo transversal, que puede involucrar, además de las ciencias de la Tierra, disciplinas biológicas en la introducción a los foraminíferos, informática para el tratamiento de datos y preparación de presentaciones, así como, eventualmente, la asignatura de inglés para la elaboración de un abstract o resumen en inglés que puede ser introducido al principio del informe.

CONOCIMIENTOS PREVIOS Y MATERIALES NECESARIOS

Este taller representa una buena ocasión para plantear un trabajo multidisciplinar en el ámbito de las ciencias de la naturaleza, donde abordar los siguientes conceptos teóricos: a) modo de vida y ecología de los foraminíferos bentónicos (que viven sobre el fondo marino) y planctónicos (que viven suspendidos en la columna de agua), así como de los ostrácodos (crustáceos microscópicos con el cuerpo encerrado en dos valvas); b) concepto de serie estratigráfica y principios básicos de la estratigrafía, en particular los de actualismo y superposición de los estratos; c) tipos de ambientes marinos: llanura abisal, talud, plataforma y laguna; d) escala del tiempo geológico

mostrando especial atención a la era Cenozoica, en particular, a los periodos más recientes como el Neógeno y el Cuaternario; e) principales eventos relacionados con la crisis de salinidad del Messiniense (desecación y reinundación del Mediterráneo)

Para introducir estos temas se proponen los siguientes recursos, todos ellos de fácil acceso:

a) introducción a los foraminíferos y las técnicas de estudio: Calonge et al., 2001; Caracuel et al., 2004; Molina, 2003. Se recomiendan las siguientes páginas web: http://zco1999.wordpress.com/2010/03/15/foraminiferos-los legionarios-del-oceano-invisible/; http://eforams.org/index.php/Main_Page; www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/Culver.html;www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html.

b) catálogos de imágenes de foraminíferos: Corbí, 2010; www.foraminifera.eu/AtoC.html; http://www.bowserlab.org/starsand.html; y c) Crisis de salinidad del Mediterráneo: Soria, 2006. Capítulo 1 del documental "Europa salvaje, Génesis" (producido por BBC), disponible en www.youtube.com/watch?v=KGrUmyiDBRA; Capítulo 4 del documental "Tierra: El poder del Planeta, Océanos" (producido por BBC), disponible en inglés en www.youtube.com/watch?v=BemsLUldVAo; Animación 3D: "Mediterranean isolation and desiccation during the Messinian Salinity Crisis" (producido por ICTJA-CSIC), disponible en www.youtube.com/watch?v=bw-qf_zQMWs.

Para la realización de las actividades propuestas se proporcionan como recurso didáctico una serie de datos experimentales (figura 1 y tabla 1), resultado de

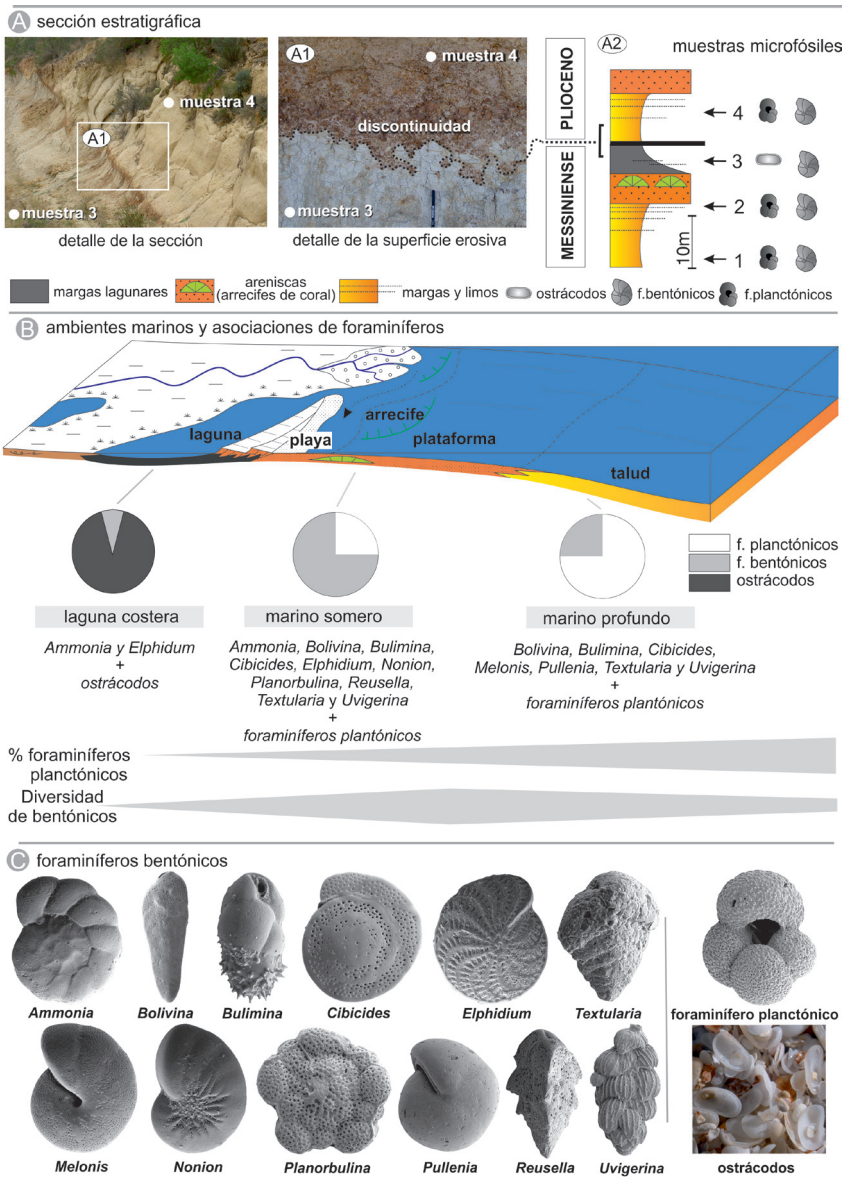

Fig. 1. Materiales gráficos a emplear en el taller. A) Sección estratigráfica que incluye la posición de las muestras objeto de estudio (derecha), así como las imágenes donde se muestra la discontinuidad (superficie de erosión) que separa los materiales del Messiniense (muestra 3) de los del Plioceno (muestra 4). B) Diagrama de medios de sedimentación que representa tanto los ambientes marinos (plataforma y talud), como el lagunar. Se incluyen los géneros representativos de cada uno de estos ambientes, así como la variación del porcentaje de foraminíferos plantónicos y la diversidad de géneros de foraminíferos bentónicos. C) Fotografías de microscopio electrónico de barrido de los géneros de foraminíferos bentónicos empleados en el taller y ejemplo tipo de foraminífero plantónico (género Globigerina). Se incluye también una fotografía, tomada bajo lupa binocular, de una muestra en la que predominan los ostrácodos.

A) DATOS

	Edad	Messiniense			Plioceno
	Muestras	***1***	***2***	***3***	***4***
Microfósiles	Ostrácodos	0	0	250	0
	Foraminíferos plantónicos	200	30	0	60
	Foraminíferos bentónicos	100	270	50	240
Foraminíferos bentónicos	*Ammonia*	0	32	30	24
	Bolivina	11	11	0	19
	Bulimina	18	8	0	0
	Cibicides	7	52	0	62
	Elphidium	0	27	20	0
	Melonis	19	0	0	0
	Nonion	0	49	0	53
	Planorbulina	0	32		14
	Pullenia	22	0	0	0
	Reusella	0	8	0	5
	Textularia	4	46	0	46
	Uvigerina	19	5	0	17

B) TABLA DE RESULTADOS PARA EL PROFESOR

Edad	**Messiniense**			**Plioceno**
Muestras	***1***	***2***	***3***	***4***
Contenido en microfósiles	dominan los foraminíferos planctónicos	dominan los foraminíferos bentónicos	dominan los ostrácodos	dominan los foraminíferos bentónicos
Porcentaje de foraminíferos planctónicos	67	10	0	20
Diversidad de foraminíferos bentónicos	7 géneros	10 géneros	2 géneros	8 géneros
Distribución de abundancia de foraminíferos bentónicos	*Bolivina* 11% *Bulimina* 18% *Cibicides* 7% *Melonis* 19% *Pullenia* 22% *Textularia* 4% *Uvigerina* 19%	*Ammonia* 12% *Bolivina* 4% *Bulimina* 3% *Cibicides* 19% *Elphidium* 10% *Nonion* 18% *Planorbulina*12% *Reusella* 3% *Textularia* 17% *Uvigerina* 2%	*Ammonia* 60% *Elphidium* 40%	*Ammonia* 10% *Bolivina* 8% *Cibicides* 26% *Nonion* 22% *Planorbulina*6% *Reusella* 2% *Textularia* 19% *Uvigerina* 7%
Ambiente sedimentario	mar profundo (talud)	mar somero (plataforma)	laguna costera	mar somero (plataforma)
Nivel del mar	+ ↘ -			↗
Relación con la crisis de salinidad del Mediterráneo	Desecación			Reinundación

Tabla 1. A) Datos propuestos para la elaboración del taller por parte del alumno. B) Tabla de resultados para el profesor.

análisis científicos previos de identificación taxonómica e interpretación paleoambiental (Corbí, 2010). Trabajos precedentes (e.g.: Lancis et al., 2004; Caracuel et al., 2004) abordan la primera fase de toma de datos y laboratorio, si bien en el presente taller se avanza exclusivamente en la interpretación y conclusiones que de estos datos se deducen, prescindiendo de técnicas de laboratorio y trabajo de campo, a menudo difíciles de encajar en el diseño curricular de un centro de enseñanza secundaria. No obstante, no deben descartarse estas actividades en función de la disponibilidad de materiales y sesiones. En este sentido, quedan a disposición de los profesores interesados muestras de laboratorio ya levigadas previa solicitud a los autores del presente trabajo.

Los datos proporcionados provienen del estudio de los materiales neógenos representados en la sección estratigráfica de Crevillente (provincia de Alicante), que queda ubicada en el sector norte de la Cuenca del Bajo Segura, (extremo oriental de la Cordillera Bética). Se remite a Corbí (2010), para la localización geográfica y descripción exhaustiva de dicha serie. Esta serie, expresada de forma sintética en la figura 1.A2, registra el final del Mioceno (piso Messiniense, 6-5 Ma.) y el principio del Plioceno (5 Ma.). Su parte inferior, de edad Messiniense, está constituida, de más antiguo a más moderno, por margas, areniscas con arrecifes de coral y margas. La sucesión en la vertical de estos materiales registra una tendencia de disminución del nivel del mar desde ambientes batiales a plataforma y lagunas costeras. La parte superior, de edad Plioceno (figura 1.A2), está constituida por margas y areniscas que registran ambientes marinos de plataforma. Cabe destacar que esta serie no es continua, puesto que presenta una importante superficie de discontinuidad entre los materiales del Mioceno superior (Messiniense) y los primeros sedimentos del Plioceno. Esta superficie de discontinuidad, expresada en la figura 1A, representa el lapso temporal durante el cual el área de estudio quedó emergida y fue sometida a intensa erosión subaérea.

Para desarrollar este taller se han seleccionado cuatro muestras representativas de los distintos ambientes sedimentarios (figura 1A), siendo tres de ellas de edad Messiniense (muestras 1, 2, 3) y una de edad Plioceno (muestra 4). A nivel de litología las muestras son muy parecidas (margas-limos), sin embargo, en cuanto a contenido de microfósiles muestran diferencias idóneas para desarrollar el taller que aquí se plantea.

METODOLOGÍA: GUÍA DE ACTIVIDADES

El taller se estructura fundamentalmente en tres sesiones, la primera de carácter teórico, la segunda de trabajo práctico, y la última de interpretación y presentación de resultados. Durante la sesión teórica, en primer lugar, se introducen los conceptos relacionados con la biología de los foraminíferos (morfología, ciclo de vida y ecología), así como sus aplicaciones en bioestratigrafía y paleoecología. A continuación, se exponen las nociones básicas en relación a la desecación y reinundación del Mediterráneo de modo que los alumnos puedan contextualizar el estudio que desarrollarán durante el taller.

La segunda sesión se basa en el análisis de los datos presentados en la tabla 1 que incluye tanto los datos que se entregan al alumno, como la tabla de resultados del profesor. Por tanto, durante el trabajo práctico en el aula, el alumno ha de obtener, para cada una de las muestras, los siguientes parámetros todos ellos incluidos en la tabla 1B:

a) Principales grupos de microfósiles que componen la muestra. Mediante la utilización de los recursos bibliográficos propuestos y las fotografías de la figura 1, el alumno se familiariza con los principales grupos de microfósiles (foraminíferos y ostrácodos) para a continuación diferenciar entre foraminíferos planctónicos y bentónicos terminando con una primera clasificación sistemática de los principales géneros de foraminíferos bentónicos (figura 1C). Como parámetros clave para la clasificación se sugiere utilizar el tipo de concha (aglutinada, hialina, aporcelanada) y el tipo de organización de las cámaras (uniseriado, biseriado, trocoespiralado, etc.).

b) Porcentaje de foraminíferos planctónicos. A grandes rasgos existe una relación entre la cantidad de foraminíferos planctónicos de una asociación y la profundidad del medio marino (Caracuel et al., 2004), de forma que se puede relacionar la proporción o porcentaje de foraminíferos planctónicos con los distintos ambientes sedimentarios: ambiente marino profundo (llanura abisal y talud-ambiente batial), 70-99%; ambiente marino somero (plataforma), <70%; ambiente lagunar, 0%. Este dato se calcula determinando el porcentaje de los foraminíferos planctónicos con respecto al total de la asociación (foraminíferos planctónicos y bentónicos).

c) Diversidad de la asociación de foraminíferos bentónicos. Esta suele ser mayor en ambientes marinos que en lagunares, puesto que el ambiente marino presenta unas condiciones ambientales más estables, favorables a una mayor variedad de organismos. Este dato se obtiene simplemente contando el número de géneros de foraminíferos bentónicos presentes en cada muestra.

d) Distribución de abundancia de foraminíferos bentónicos. En líneas generales, aunque varios géneros

de foraminíferos pueden vivir en una variedad de ambientes marinos, la gran abundancia de algunos de ellos caracteriza ambientes muy concretos (se remite al apartado "Decodificando la crisis de salinidad del Mediterráneo" para unos ejemplos). La distribución de abundancia se obtiene calculando el porcentaje de cada uno de los géneros de foraminíferos bentónicos respecto al total de foraminíferos bentónicos.

Tras la obtención de los parámetros anteriormente comentados, el alumno procede a elaborar una tabla de resultados que puede servir también al profesor para introducir en el manejo de tablas de datos tipo Excel®. Una vez concluida la parte de confección de resultados en una tabla (equivalente a la que se propone aquí como clave de resultados del profesor, tabla 1B), se procede, durante la tercera sesión, a la interpretación de los mismos y a la elaboración de una memoria. Adicionalmente, o incluso para todo el taller se puede plantear el trabajo por grupos, incluyendo una presentación oral seguida de un debate en el aula. Se recomienda realizar la memoria en formato artículo científico, cuya estructura básica incluye habitualmente los siguientes apartados: a) Título, b) Autores, c) Resumen (eventualmente abstract en inglés), d) Palabras clave, e) Introducción, f) Materiales y métodos, g) Resultados, h) Interpretación, i) Conclusiones, j) Agradecimientos, k) Referencias.

DECODIFICANDO LA CRISIS DE SALINIDAD DEL MEDITERRÁNEO

La interpretación conjunta de todas las muestras permite poner de manifiesto los principales eventos relacionados con la crisis de salinidad del Messiniense sucedida hace entre seis y cinco millones de años en el Mediterráneo. Como consecuencia del cierre de la comunicación marina entre Mar Mediterráneo y Océano Atlántico, el Mediterráneo queda aislado, lo que conlleva un déficit en el balance hídrico, ya que se evapora más agua que la que aportan los ríos. La consecuencia última de este proceso es la desecación del Mediterráneo a finales del Messiniense y la precipitación de evaporitas a lo largo de toda a cuenca. Finalmente, la crisis termina con la apertura de una nueva vía marina (el estrecho de Gibraltar) a inicio del Plioceno, que produce la rápida reinundación de la cuenca configurando un Mar Mediterráneo muy parecido al que conocemos en la actualidad. A continuación, se comenta brevemente cómo el taller que aquí se propone permite decodificar los dos principales eventos relacionados con la crisis de salinidad, la desecación y posterior reinundación del Mediterráneo.

Desecación del Mediterráneo

- Muestras representativas: 1, 2 y 3

- Edad: Messiniense (aproximadamente entre 5 y 6 millones de años)

- ¿Qué diferencias se observan entre las muestras?

La diferencia más significativa, a nivel de los microfósiles que se encuentran en las muestras, es que en las muestras 1 y 2 dominan los foraminíferos mientras que en la muestra 3 abundan los ostrácodos. La tendencia general, atendiendo a la posición estratigráfica (desde la muestra 1 a la 3), es de una disminución del porcentaje de foraminíferos plantónicos (67% en la muestra 1, 10% en la muestra 2, totalmente ausentes en la muestra 3). Conviene señalar también que en la muestra 3 sólo están presentes 2 géneros de foraminíferos bentónicos, lo que diferencia claramente esta muestra de la 1 y de la 2, donde los bentónicos son mucho más diversificados (7 géneros en la muestra 1 y 10 en al muestra 2). Además, las diferencias vienen marcadas también por la presencia de géneros representativos de distintos ambientes (figura 1B). Los géneros Melonis, Pullenia y Uvigerina, por ejemplo, presentes o abundantes sólo en la muestra 1, son típicos del ambiente marino profundo, mientras que los géneros Nonion, Planorbulina y Reusella, presentes sólo en la muestra 2, caracterizan el ambiente marino somero.

- ¿Cómo se interpretan estas diferencias?

Estas diferencias indican una sustitución progresiva de asociaciones marinas (muestras 1 y 2) por lagunares (muestra 3) lo cual se interpreta como una bajada del nivel del mar en la cuenca.

- ¿Cómo se pueden interpretar todas estas informaciones en el contexto de la crisis de salinidad?

En el contexto particular propuesto en este taller, esta

disminución del nivel del mar es consecuencia de la progresiva evaporación de la cuenca mediterránea que conlleva finalmente su desecación.

- ¿Qué otros datos evidencian la desecación del Mediterráneo?

En la serie estratigráfica se puede observar que entre la muestra 3 y la 4, es decir entre el Messiniense y el Plioceno, existe una superficie de discontinuidad (figura 1A y apartado "Conocimientos previos y materiales") que representa un intervalo temporal dominado por una importante erosión. Esta superficie erosiva indica que, al menos en la zona de estudio, debido a la brusca caída del nivel del mar, hubo un cambio desde condiciones subacuáticas en las que domina la sedimentación (ambiente marino y lagunar), a condiciones de exposición subaérea con predominio de la erosión (ambiente de carácter principalmente continental). Esta disminución drástica del nivel del mar dio origen también a la precipitación de evaporitas (yesos y sales) en la cuenca central del Mediterráneo (Soria, 2006).

Reinundación del Mediterráneo

- Muestra representativa: 4

- Edad: Plioceno inferior (aproximadamente hace 5 millones de años)

- ¿Qué diferencias se observan entre esta muestra y la muestra 3, de edad Messiniense?

En relación a la muestra 3 (última muestra del Messiniense), se puede observar en primer lugar, la desaparición de los ostrácodos, así como un aumento del porcentaje de foraminíferos planctónicos (ausentes en al muestra 3, 20% en la muestra 4). Además, se nota también un aumento en la diversidad de géneros de foraminíferos bentónicos (2 en la muestra 3 y 8 en la muestra 4), así como la presencia de géneros típicamente marinos (Bolivina, Cibicides, Nonion, Planorbulina, Reusella, Textularia y Uvigerina). Hay que señalar también que, mientras que los cambios entre las muestras 1, 2 y 3 son bastante graduales, el cambio en el contenido en microfósiles entre la muestra 3 y la 4 es muy brusco, lo que indica un cambio ambiental muy rápido.

- ¿Cómo se interpretan estos cambios?

La aparición de asociaciones marinas en la muestra 4 nos indica una restauración de condiciones marinas normales debida a una rápida subida del nivel del mar.

- ¿Cómo se pueden interpretar estos cambios en el contexto de la crisis de salinidad?

Esta subida del nivel del mar es consecuencia de la rápida reinundación del Mediterráneo sucedida al inicio del Plioceno como resultado de la apertura de una nueva vía marítima, el estrecho de Gibraltar (figura 2).

Fig. 2. Recreación artística de las hipotéticas "cataratas de Gibraltar" formadas durante la reinundación del Mediterráneo hace aproximadamente cinco millones de años (McKenzie, 1999).

CONSIDERACIONES FINALES

La crisis de salinidad del Messiniense es un acontecimiento de gran interés científico y alto potencial divulgativo ya que durante este periodo sucedieron cambios ambientales excepcionales en el área mediterránea que culminaron con la desecación y reinundación del Mediterráneo. La

aplicación del presente taller en educación secundaria tiene grandes ventajas para los estudiantes ya que, ofrece la posibilidad de introducir al alumnado en este tema de manera práctica y utilizando el método científico. Además, este taller puede ser planteado también como un trabajo de tipo transversal, involucrando, tanto a las ciencias de la tierra como a otras disciplinas como la biología y la informática. En particular, se ha optado por la utilización de los microfósiles (principalmente foraminíferos) como recurso didáctico ya que, por una parte, existen numerosos recursos digitales de libre acceso en internet y por otra, son excelentes indicadores de los cambios ambientales sucedidos durante este periodo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación CGL2007-65832 (MCyT) y el grupo de investigación Cambios Paleoambientales (VIGROB-167) de la Universidad de Alicante. Se agradecen de antemano todas las posibles sugerencias, mejoras y comentarios que puedan surgir de la puesta en marcha de este taller en los programas docentes de Ciencias de la Tierra.

BIBLIOGRAFÍA

Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J.A. y Molina, E. (2000). El uso didáctico de los foraminíferos en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra: Su distribución paleoceanográfica en el tránsito Cretácico/Terciario. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 8.2, 108-118.

Calonge, A., Caus, E., García, J. (2001). Los foraminíferos: presente y pasado. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 9.2, 144-150

Caracuel, J.E., Corbí, H., Pina, J.A. y Soria, J.M. (2004). Geología en la costa: Técnicas de análisis de sedimentos en interpretación de ambientes sedimentarios. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 12.1, 77-82.

Corbí, H. (2010). Los foraminíferos de la cuenca neógena del Bajo Segura (sureste de España): bioestratigrafía y cambios paleoambientales en relación con la Crisis de Salinidad del Mediterráneo. Tesis doctoral, Universidad de Alicante (Ed.), 280 p. http://hdl.handle.net/10045/14976

Hippensteel, S.C. (2006). Using Foraminifera to teach Paleoenvironmental interpretation and Geoarchaeology: A Case study from Folly Island, South Carolina. Journal of Geoscience Education, 54 (4), 526-553.

Lancis C., Baeza J.F., Cutillas A., Güell J.M. y Sáez C. (2004). Una experiencia didáctica para la enseñanza de la paleontología en el bachillerato a través de talleres científicos. Documentos del XIII simposio sobre enseñanza de la Geología, 177-187.

Margulis, L. y Brynes, L. (1999). Hard testimony-Teaching past environments with fossil foraminifera. Nature & Resources, 35 (1), 4-17.

McKenzie, J.A. (1999). From desert to deluge in the Mediterranean. Nature, 400, 613-614.

Molina, E. (2003). Micropaleontología, Prensas universitarias de Zaragoza (Ed.), 634 p.

Soria, J.M. (2006). La crisis de salinidad del Messiniense. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 14.3, 240-248.

http://eforams.org/index.php/Main_Page

http://www.bowserlab.org/starsand.html

http://www.foraminifera.eu/AtoC.html

http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html

http://www.ucmp.berkeley.edu/fosrec/Culver.html

http://www.youtube.com/watch?v=BemsLUldVAo

http://www.youtube.com/watch?v=bw-qf_zQMWs

http://www.youtube.com/watch?v=KGrUmyiDBRA

http://zco1999.wordpress.com/2010/03/15/foraminiferos-los legionarios-del-oceano-invisible/